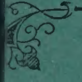
3e série, t. IIIe. — 1875. — N° 7.



BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE

(Cette Société, fondée le 17 mars 1830, a été autorisée et reconnue comme établissement d'utilité publique, par ordonnance du roi du 3 avril 1832.)

TROISIÈME SÉRIE

TOME TROISIÈME

Feuilles 27-31 (5 et 19 avril, et 3 mai 1875).
Planches X et XV.

PARIS
AU SIÉGE DE LA SOCIÉTÉ
Rue des Grands-Augustins, 7
et chez F. Savy, libraire, boulevard St-Germain, 77
1874 a 1875

Le Bulletin paraît par livraisons mensuelles.
OCTOBRE 1875

EXTRAIT DU RÈGLEMENT CONSTITUTIF DE LA SOCIÉTÉ

APPROUVÉ PAR ORDONNANCE DU ROI DU 3 AVRIL 1832.

Art. III. Le nombre des membres de la Société est illimité (1). Les Français et les Étrangers peuvent également en faire partie. Il n'existe aucune distinction entre les membres.

Art. IV. L'administration de la Société est confiée à un Bureau et à un Conseil, dont le Bureau fait essentiellement partie.

Art. V. Le Bureau est composé d'un président, de quatre vice-présidents, de deux secrétaires, de deux vice-secrétaires, d'un trésorier, d'un archiviste.

Art. VI. Le président et les vice-présidents sont élus pour une année; les secrétaires et les vice-secrétaires, pour deux années; le trésorier, pour trois années; l'archiviste, pour quatre années.

Art. VII. Aucun fonctionnaire n'est immédiatement rééligible dans les mêmes fonctions.

Art. VIII. Le Conseil est formé de douze membres, dont quatre sont remplacés chaque année

Art. IX. Les membres du Conseil et ceux du Bureau, sauf le président, sont élus à la majorité absolue. Leurs fonctions sont gratuites.

Art. X. Le président est choisi, à la pluralité, parmi les quatre vice-présidents de l'année précédente. Tous les membres sont appelés à participer à son élection, directement ou par correspondance.

Art. XI. La Société tient ses séances habituelles à Paris, de novembre à juillet (2).

Art. XII. Chaque année, de juillet à novembre, la Société tiendra une ou plusieurs séances extraordinaires sur un des points de la France qui aura été préalablement déterminé. Un Bureau sera spécialement organisé par les membres présents à ces réunions.

Art. XIV. Un *Bulletin* périodique des travaux de la Société est délivré gratuitement à chaque membre.

Art. XVII. Chaque membre paye: 1° un droit d'entrée, 2° une cotisation annuelle. Le droit d'entrée est fixé à la somme de 20 francs. Ce droit pourra être augmenté par la suite, mais seulement pour les membres à élire. La cotisation annuelle est invariablement fixée à 30 francs. La cotisation annuelle peut, au choix de chaque membre, être remplacée par le versement d'une somme fixée par la Société en assemblée générale. (*Décret du 12 décembre* 1873.) (3)

(1) Pour faire partie de la Société, il faut s'être fait présenter dans l'une de ses séances par deux membres qui auront signé la présentation, avoir été proclamé dans la séance suivante par le Président et avoir reçu le diplôme de membre de la Société. (*Art. 4 du règlement administratif.*)

(2) Pour assister aux séances, les personnes étrangères à la Société doivent être présentées chaque fois par un de ses membres. (*Art. 42 du règlement administratif.*)

(3) Cette somme a été fixée à 400 francs. (*Séance du 20 novembre* 1871.)

TABLEAU INDICATIF DES JOURS DE SÉANCE

ANNÉE 1874-1875.

Les séances se tiennent à 8 heures du soir, rue des Grands-Augustins, 7

Les 1er et 3e lundis de chaque mois.

Novembre	Décembre	Janvier.	Février.	Mars.	Avril.	Mai.	Juin.
9	7	4	1	1	1*	3	7
		11		15			
16	21	18	15	29	19	17	21

* *Séance générale annuelle.*

La bibliothèque de la Société est ouverte aux Membres les lundis, mercredis et vendredis, de 11 à 5 heures

Nous n'avons trouvé d'autre explication que la suivante à ces deux faits singuliers.

Les eaux geysériennes amenaient du dedans au dehors, en tourbillonnant, des argiles, des sables, de petits cailloux et des pisolithes, qu'elles abandonnaient successivement sur les parois de leur bassin en forme de vasque, et ces matériaux se déposaient, suivant la vitesse, par ordre de densité, et suivant la loi de la position du centre de gravité. Ils remontaient sans doute la pente interne de la vasque ou de la paroi sableuse, comme le sable remonte la pente des dunes. Ailleurs les troubles limoneux se déposaient en couches minces, ondulées ou concentriques, dans les remous écartés de ces eaux tourbillonnantes.

Si des eaux venues du dehors s'étaient précipitées au dedans, il y aurait eu inclinaison inverse, érosion et ravinement.

Les terrains tertiaires déposés à la surface de nos terrains jurassiques ont pour nous une origine geysérienne, comme la plupart des calcaires lacustres, des argiles et des sables tertiaires déposés autour du Plateau central même, sur les terrains granitiques. En voyant la masse énorme de tuf que la seule source de Livron, près Caylus, a accumulée récemment dans la vallée de la Bonnette, et sur laquelle on a bâti un village, on ne saurait être étonné que sur le revers du plateau de Caylus, à l'époque des grandes dislocations, des grands affaissements, des grands refoulements et des grands redressements pyrénéens, il se soit produit des formations argileuses et calcaires d'une vaste étendue et d'une certaine hauteur.

Nous sommes sur ce point parfaitement d'accord avec MM. Delesse et Lecoq.

Les phénomènes et les produits geysériens ont été beaucoup plus répandus à l'époque tertiaire qu'on ne le suppose. Aujourd'hui c'est le phénomène tufacé qui se produit, mais sur une bien plus petite échelle. Près de Rome, en Algérie, dans la province de Constantine, à Hiéropolis, en Islande et surtout en Amérique, on voit des sources minérales et des sources boueuses déposer la silice, l'argile ou le calcaire, sur les plateaux, au bord des lacs et jusqu'à l'embouchure des fleuves. Tantôt la température de la source atteint ou dépasse 100°, tantôt elle se rapproche beaucoup plus de la température estivale et même moyenne de la contrée; mais le refroidissement rapide, la dilution ou la combinaison des acides et la précipitation des sels calcaires donnent bientôt naissance à la vie, ce qui nous explique pourquoi nous ne trouvons guère les fossiles les mieux conservés dans les centres hydrothermaux, au moment et sur les points de leur plus grande activité, mais bien à une époque et à une distance où la vie était possible.

En résumé les faits que nous avons observés nous paraissent avoir démontré les points suivants :

1° Les phénomènes geysériens ont amené sur le revers sud-ouest du Plateau central des eaux minéralisantes, déjà chargées de phosphates de chaux à diverses profondeurs, ou les produisant sur leur passage à travers les calcaires par voie de corrosion;

2° Les phosphates de Tarn-et-Garonne et du Lot ont une allure et une origine filoniennes, en rapport avec les failles orientées des calcaires oxfordo-coralliens;

3° Ils ont commencé à venir au jour peut-être vers la fin de l'époque crétacée, mais à coup sûr ils ont été produits en grande abondance à l'époque de l'Éocène moyen et de l'Éocène supérieur, à l'époque des émissions *sidérolithiques ;*

4° Ces éjections de phosphates, de pisolithes de fer, d'oxydes de manganèse, de sables et de cailloux quartzeux, d'argiles jaunes et rouges, ont eu lieu simultanément ou alternativement, sur des points plus ou moins rapprochés les uns des autres, et le plus souvent par les failles de l'époque crétacée ouvertes à nouveau par les contre-coups des soulèvements pyrénéens;

5° Les matières éjectées, surtout les matières argileuses, sableuses ou calcaires, très-abondantes dans le Tarn-et-Garonne, ont été en très-grande quantité déversées sur les plateaux jurassiques, où elles ont formé, à des hauteurs considérables, des couches de faciès différents, suivant la diversité des phénomènes: tantôt des calcaires terreux, tantôt des travertins ou des mollasses plus ou moins analogues aux travertins de Saint-Ouen, de Champigny, etc.;

6° Ces couches ont été plus tard érodées et leurs fossiles entraînés suivant les lignes synclinales de plus grande pente : N.O.-S.E. ou N.E.-S.O. Les matériaux provenant de ces érosions ont été déversés dans les lagunes, les dépressions fermées et les remous, ou entraînés dans les bassins et les lacs, par les courants fluvio-lacustres ;

7° Vers la fin de l'époque éocène, et sur des points plus ou moins distants des émissions de phosphates, il se produisait des émissions geysériennes de gypse (comme à Varen, dans la vallée de l'Aveyron) analogues à ces éjections de silice, d'argile ferrugineuse, de carbonate et de sulfate de chaux, qui ont formé les gypses et les marnes gypseuses de Montmartre, de l'Aude, de l'Ariége, de l'Auvergne, d'Aix, et les travertins ou calcaires d'eau douce des environs de Paris.

II. Hydrogéologie des environs de Montauban.

En présentant ce spécimen partiel d'une *Carte hydrogéologique,* au

$\frac{1}{10\,000^e}$, *des environs de Montauban* (Pl. XIII), nous nous proposons de montrer la corrélation d'une partie des terrains de transport de la Garonne (teinte ocre jaune) et du Tarn (ocre rouge sur les terrasses, plus pâle dans la vallée) avec les nappes superficielles ou souterraines qu'ils renferment ou recouvrent, sur les points où ces mêmes terrains sont censés enlevés pour laisser voir les gisements d'eau (teinte bleue).

Cette teinte bleue est d'autant plus intense que la nappe a une épaisseur et une altitude plus considérables, ce qui est le cas pour les nappes de Lacourt-Saint-Pierre et de Gasseras dans la partie gauche de cette petite carte. Elle est au contraire très-pâle à droite, à Sapiac et au Ramier, où les nappes sont aujourd'hui reconnues par la population Montalbanaise et par les ingénieurs spécialistes comme tout à fait insuffisantes pour l'alimentation publique.

Cette étude hydrogéologique locale, au milieu d'un des appareils diluviens les plus beaux et les plus variés, devant nous fournir des indications susceptibles d'une application plus générale, nous croyons devoir en entretenir la Société.

L'agronomie a bien indiqué qu'il faut 1 litre d'eau par seconde et par hectare pour l'irrigation, et un hectare de terre très-bien cultivé pour nourrir une tête de bétail, mais l'hygiène et la statistique des épidémies, après avoir prescrit le vin et la viande, n'ont pas encore assez impérieusement imposé aux populations urbaines $\frac{1}{10^e}$ de litre d'eau par seconde et par hectare pour entretenir en bon état de santé, pendant les fortes chaleurs de l'été, les 100 personnes par hectare, en moyenne, qui, dans la plupart des villes, vivent, produisent, consomment et meurent, viciant l'air, le sol et les eaux, alors surtout qu'une végétation abondante et des courants d'air fréquents ne modifient pas ce fâcheux état de choses.

L'étude des nappes aquifères, partout si importante, si délicate et si peu avancée, est encore plus indispensable à Montauban qu'ailleurs, puisqu'une distribution d'eau d'un bon agencement, et qui a coûté plus de 600,000 fr., ne fournit que 3 à 4 litres par seconde en été.

C'est pour n'avoir pas suffisamment étudié, *au point de vue de la géologie pratique*, nos gisements d'eau, qu'un ingénieur, d'ailleurs très-distingué, mort il y a quelques années, a commis la faute de s'adresser à une nappe fort peu aquifère, alors que des observations plus complètes lui eussent permis d'en trouver de plus abondantes à une distance un peu plus grande de la ville.

La carte ci-jointe montre :

1° A droite, la *plaine miocène-diluvienne du Ramier*, ancien confluent du Tarn et de l'Aveyron, cap alluvionnaire limoneux ou glaiseux, sur lequel est bâti Montauban, à l'altitude moyenne de 100 mètres,

25 mètres environ au-dessus de l'étiage du Tarn (74^m44), 18 mètres au-dessus des alluvions modernes, situées entre 82 et 85 mètres ;

2° A gauche, à 4 ou 5 kilomètres de la ville, et à la même altitude, la *plaine miocène-diluvienne de Lacourt-Saint-Pierre,* partie de la moitié orientale du promontoire diluvien, de 26 000 hectares de superficie, formé par l'ancien confluent de la Garonne et du Tarn, au pied de l'ancien cap alluvionnaire de Montbartier ;

3° Entre ces deux plaines ou ces deux parties d'une même formation géologique, celle des limons et graviers anciens des vallées, la *vallée proprement dite* du Tarn.

Large à peine de quelques centaines de mètres sur la rive droite du Tarn, à Sapiac et Pechboyer, en amont de Montauban, au pied des coteaux du Fau, cette vallée se développe au contraire sur la rive gauche, vers Gasseras, sur une largeur de 4 à 5 kilomètres. De Villebourbon aux Bourdens, jusqu'au pied de la terrasse de Lacourt-Saint-Pierre, *les alluvions convexes déposées à l'ouest du tournant concave de la rivière,* présentent, *reposant sur les protubérances érodées et sur les dépressions des argiles, des grès ou des marnes endurcies des terrains tertiaires, des masses alternatives et allongées de gros cailloux et de gros sables à la base, et, à mesure qu'on s'élève, des cailloux de plus en plus petits et des sables de plus en plus argileux, qui passent eux-mêmes insensiblement à des limons sablo-argileux et argilo-siliceux.*

Dans la vallée, *une plus forte accumulation de limons sablo-argileux surélève en général la berge de 1 à 2 mètres,* sur une largeur d'environ 6 à 800 mètres à partir de la rivière ; puis une *dépression dans des limons très-argileux* constitue généralement le thalweg d'un ruisseau. Au-delà commencent des *affleurements graveleux,* qui se montrent tout à fait à la surface ou à 1 et 2 mètres au-dessous du sol, dans les talus ou les plafonds des fossés. Plus loin le thalweg d'un nouveau ruisseau correspond à une *nouvelle dépression, formée en grande partie de dépôts argileux* qui se rapprochent beaucoup des marnes tertiaires sous-jacentes.

Il résulte de cette disposition *l'existence de plusieurs sillons plus ou moins allongés et parallèles à la rivière,* dans lesquels l'alternance des graviers perméables et des argiles imperméables, des éminences et des dépressions tertiaires, constitue des nappes ou des courants souterrains à large section, mais à faible vitesse, bien qu'ils aient en moyenne une pente de 1^{mm} par mètre. Les nivellements accusent souvent cette pente dans l'altitude des plans d'eau des puits, ainsi qu'une pente transversale vers la rivière, au bord de laquelle les sources apparaissent à la base des cailloux, au-dessus des marnes tertiaires.

D'un autre côté, l'examen des terrains et la vue des cultures, surtout

de la grande luzerne, accusent, pendant l'été, les alternances parallèles de *limons frais* et riches, d'*argiles compactes et crevassées,* de *graviers secs,* qui, sous le nom local de *veines de terre,* semblent se diriger toutes vers la rivière, sous un angle de 60°, et correspondent très-vraisemblablement aux sillons souterrains aquifères.

Cette diversité de nature du sol, d'altitude et de culture a été indiquée par les trois lettres : A^3 , A^2 , A^1 (A^3 représentant les terrains les plus récents et les plus rapprochés de la rivière).

Le tableau ci-contre donne les cotes d'altitude des terrains hydrologiques, le niveau des plans d'eau dans les puits, leur profondeur au-dessous du sol et la puissance aquifère ou épaisseur d'eau dans les puits, d'où l'on peut déduire, avec une assez grande probabilité, le débit de ces nappes aquifères convenablement drainées.

Il est facile de déduire de ce tableau la puissance relative des nappes aquifères.

R. La nappe du Ramier n'a que 1m40 d'épaisseur d'eau, à 6m98 de profondeur, sous un sol glaiseux imperméable; aussi ne donne-t-elle, en été, que 4 litres par seconde.

L. Celle de Lacourt-Saint-Pierre a 3m82 d'épaisseur moyenne, à 1m51 sous un terrain très-perméable. Le débit sera très-probablement de 16 litres. Cette induction est basée :

1° Sur la grande épaisseur d'eau à une très-faible profondeur;

2° Sur le nombre des sources importantes le long de la terrasse de Verlhaguet, Lacourt-Saint-Pierre, Monbeton, le Tap, Albefeuille, Meauzac, etc.;

3° Sur la constatation géologique du passage ancien de la rapide Garonne sur ce plateau, où elle a laissé ses gros cailloux granitiques et ses gros sables micacés, que les cailloux et les sables quartzeux rougeâtres du Tarn sont plus tard venus recouvrir;

4° Sur la pente générale, O.S.O.-E N.E., des couches imperméables miocènes (érodées par la Garonne et le Tarn), qui amène diagonalement vers Gasseras toutes les eaux absorbées par les terrains infiltrants de Montbartier à Monbeton;

5° Sur le déversement visible ou latent du trop-plein de cette nappe supérieure dans la nappe inférieure de Gasseras.

G. Celle de Gasseras a 3m69 d'épaisseur d'eau, à 2m17 au-dessous d'un sol sablo-graveleux très-perméable, et donnera aussi très-probablement au moins 12 litres d'eau par seconde, puisque les sources de Villebourbon, de l'Abattoir et du Verdié déversent actuellement et visiblement dans le Tarn environ 8 litres, sans compter les sources cachées et la grande consommation d'eau de puits faite à Gasseras et à Villebourbon.

	DÉSIGNATION des NAPPES AQUIFÈRES.	NATURE des SOLS ET DES SOUS-SOLS.	COTES D'ALTITUDE (au-dessus de la mer)		PRO-FONDEUR DES PLANS D'EAU DES PUITS.	ÉPAIS-SEUR DE L'EAU.	DÉBIT PROBABLE		DÉBIT RÉDUIT ÉVEN-TUEL.	INDICATION des SOURCES VISIBLES ET DES INFILTRATIONS.
			DU SOL (moyenne des nivel-lements).	DU PLAN D'EAU SUPÉRIEUR DES PUITS.			DE CHAQUE NAPPE AQUI-FÈRE.	DES NAPPES QU'ON PEUT RÉUNIR.		
R	Ramier.	Glaiseux.	101^m66	94^m68	6^m98	1^m40	4 lit.	lit. 20	4 lit.	Débit des fontaines.
L	Lacourt-St-Pierre	Caillouteux.	97 20	95 69	1 51	3 82	16		10	Sources et infiltrations dans la nappe de Gasseras.
G	Gasseras.	Sablo-graveleux.	82 21	80 04	2 17	3 69	12	12	8	Sources Villebourbon, Abattoir, Verdié.
S	Sapiac.	Limoneux.	83 28	77 75	5 53	0 80	2	»	»	»
	Rendement ou débit en litres des nappes aquifères utilisables.							32	22	

S. Autant ces deux dernières nappes sont riches, autant la suivante est pauvre. En effet à Sapiac on ne trouve en moyenne, en été, que 0m80 d'épaisseur d'eau, à 5m53 de profondeur sous un sol limoneux ou argileux, utilisé par de nombreuses briqueteries.

C'est tout au plus si l'on peut en augurer un rendement de 2 litres par seconde. En effet, le long des berges du Tarn et du Tescou, on ne trouve qu'avec peine quelques suintements imperceptibles, et les jardiniers ont épuisé leurs puits quand ils en ont tiré deux ou trois mètres cubes.

Personne ne croit qu'il y ait de l'eau dans cette nappe, ni le public, ni les hommes compétents, ni les ingénieurs qui ont étudié la question, ni ceux qui se sont spécialement occupés des distributions d'eaux.

La trop faible étendue des alluvions de la rive droite de Sapiac à Pechboyer, la hauteur du tuf sous-jacent au-dessus du plan d'eau de la rivière, relevé pourtant de 2m35 par le barrage de Sapiac, l'*abrupt des coteaux miocènes* du Fau, la pente vers l'est ou le Tescou de leurs couches *imperméables, miocènes* ou *diluviennes,* n'engendrent que des eaux ruisselant à la surface jusqu'à la rivière et aux ruisseaux, et ne s'infiltrant pas dans les alluvions placées à leur pied. Aussi la condamnation absolue et définitive de cette nappe est-elle dans l'esprit de tous.

Quant à la nappe du Ramier, elle n'est pas beaucoup plus riche que celle de Sapiac. Une coûteuse expérience l'a prouvé, et la science affirme encore ici les faits suivants :

1° L'imperméabilité générale dans ce quartier d'une couche de glaise épaisse de 5m68 ;

2° L'empâtement des cailloux interaquifères par des sables et des limons très-argileux ;

3° La faible épaisseur de cette couche argilo-caillouteuse (1m40), qui, dans les puits en amont de l'aqueduc, ne donne que 0m75 d'épaisseur d'eau ;

4° La pente des couches miocènes et diluviennes vers l'Aveyron et non vers le Tarn, qui éloigne de Montauban, au lieu de l'y amener, la très-faible quantité d'eaux d'orage écoulée par les ruisseaux Lagarrigue et Mortarieu, et ne permet pas une infiltration quelque peu considérable des eaux météoriques.

Montauban ne doit donc s'adresser qu'aux deux seules nappes abondantes : Lacourt-Saint-Pierre et Gasseras ; la première pouvant donner 16 litres par seconde, la seconde 12. Réunis aux 4 du Ramier, ces 28 litres formeront un total de 32 litres ou 2 750 mètres cubes par jour.

En supposant que le régime devenu permanent de ces nappes en réduise le débit pour la première à 10 litres et pour la seconde à 8,

on aurait encore 22 litres par seconde ou 1 900 mètres cubes d'eau potable par jour. En cas d'insuffisance, nous avons à une très-faible distance un réservoir d'eau courante de la Garonne dont nous parlerons tout à l'heure.

C'est donc dans les nappes aquifères de Lacourt-Saint-Pierre et de Gasseras que l'on doit raisonnablement, scientifiquement et fructueusement, diriger les investigations préliminaires et les expériences prolongées, pour ne pas se lancer dans le filtrage, impossible en grand et à bon marché, des eaux du Tarn, troubles et limoneuses pendant 10 mois au moins de l'année.

Avant tout, il faudra expérimenter la nappe de Lacourt-Saint-Pierre; car, en vertu de la pente et conformément à la théorie des vases communiquants, on peut, au moyen d'une simple conduite, prendre l'eau dans la terrasse diluvienne de gauche à la cote 95, pour l'amener à la cote 92 ou même 88, au bassin des pompes de la Citadelle, dans la terrasse de droite du Ramier, en franchissant au moyen d'un siphon la vallée du Tarn, plus basse d'environ 15 mètres, qui les sépare.

Si le débit de la nappe de Lacourt-Saint-Pierre reste à 16 litres, on aura, avec les 4 du Ramier, 20 litres par seconde ou 1 720 mètres cubes d'eau potable excellente par jour, et la population Montalbanaise, portée à 22 000 âmes, pourra disposer de plus de 77 litres d'eau par personne et par jour, quantité qui a bien longtemps suffi à Paris, Londres et beaucoup d'autres villes de premier ordre.

Si cependant le débit de cette nappe venait dans l'avenir à diminuer, on n'aurait qu'à emprunter de l'eau à la nappe aquifère de Gasseras, en établissant à l'entrée du faubourg du même nom, dans les locaux de l'Abattoir ou près du Moulin-Neuf, une pompe à vapeur ou hydraulique, qui élèverait un supplément d'eau de la cote 76 à la cote 92, pour le verser dans la conduite d'amenée à la Citadelle, ou pour le distribuer dans les quartiers de Gasseras et de Villebourbon actuellement alimentés par l'eau du Ramier.

Nous ne devons pas ajouter à ces détails, déjà trop longs, l'indication technique des procédés de captage de l'eau des nappes. Nous dirons seulement qu'à Lacourt-Saint-Pierre il suffira de creuser une vingtaine de puits sur 4 hectares de terrain graveleux, de les relier entre eux, à 5m 33 de profondeur, par des rigoles en briques biscuites, sans mortier, laissant entrer l'eau par tous les joints, comme dans le muraillement des puits ordinaires et dans le procédé des anciens filtres de Toulouse; dûs à la sagacité de l'Ingénieur d'Aubuisson.

Enfin, si des besoins nouveaux et une diminution du débit venaient à se produire par la suite, il suffirait d'emprunter à l'embranchement du canal latéral, à la cote 106m 47, dans le bief supérieur de l'écluse

Noalhac, distant seulement de 1 500 mètres de la nappe souterraine de Lacourt-Saint-Pierre, un supplément d'eau de la Garonne, dont le degré hydrotimétrique est de 10° 50. On enverrait l'eau par une conduite et un drainage infiltrant, superficiel ou noyé à 1 mètre de profondeur, dans l'intérieur de la nappe aquifère de Lacourt-Saint-Pierre, au voisinage des puits sus-projetés (indiqués par des points rouges sur la Carte hydrogéologique).

Là cette eau se mélangerait, se rafraîchirait, et remplacerait, suivant les lignes de plus facile écoulement, dans ce *grand filtre naturel* (fortement teinté en bleu), l'eau appelée dans les puits par les rigoles et absorbée par eux et par la conduite de Montauban (teintée en rouge). L'eau arrivant sous une charge de 9 mètres, l'infiltration serait rapide et complète, et la perte à peu près nulle dans des sables et des graviers déjà pleins d'eau, d'où la conduite de Montauban écoulerait par seconde une quantité analogue à celle fournie par le canal.

On aurait ainsi, d'après nous, un barrage à la fois sablo-caillouteux et hydraulique, qui opposerait une forte perte de charge ou contre-pression à l'infiltration et à la dispersion latérale de l'eau.

Pour terminer cet aperçu par quelques considérations géologiques, nous résumerons les faits qui ressortent de cette étude.

Vers la fin de l'époque diluvienne, la rapide Garonne, corrodant à droite et contournant le cap miocène des coteaux de Montbartier, venait, à 6 kilomètres de Montauban, aux altitudes décroissantes d'environ 100 et 90 mètres, recevoir le Tarn, lent et chargé des fins sédiments rouges triasiques et éocènes, dans un bassin central où l'Aveyron déversait aussi ses eaux chargées de limons liasiques.

Entre l'Aveyron et la Garonne, le Tarn faisait en quelque sorte un barrage hydraulique à ses deux voisins. A droite, ses remous limoneux et ceux de l'Aveyron empâtaient les cailloux arrivés pendant les premières époques diluviennes, par les vallées secondaires, autour du cap alluvionnaire du Tigné. A gauche, ralentie par le barrage hydraulique du Tarn et par la largeur du bassin central, la capricieuse Garonne déposait peu à peu ses gros cailloux granitiques et ses gros sables micacés sur l'emplacement actuel de la forêt de Montech, du grand vignoble qui recouvre le promontoire central de plus de 26 000 hectares, et jusque sur le bord oriental de la plaine de Lacourt-Saint-Pierre. Puis, petit à petit, la Garonne s'éloigna des obstacles transportés par elle et, se rejetant vers l'ouest, corroda les coteaux de Bourret. Le Tarn, n'étant plus refoulé, étendit ses eaux, ses cailloux quartzeux et ses limons rouges, sur les anciens dépôts du fleuve. Il se forma ainsi entre la Garonne et le Tarn, de Montbartier à La Villedieu et à La Bastide-Saint-Pierre, vers l'axe même du promontoire,

du sud-est au nord-ouest, une ligne de faîte, caillouteuse à la base, limoneuse et glaiseuse à la surface, qui, séparant les deux cours d'eau, leur créa des versants opposés de plus en plus étendus à mesure qu'ils abaissaient leurs lits et s'encaissaient dans les vallées.

C'est ainsi que peu à peu ces cours d'eau ont creusé leurs vallées proprement dites et leurs lits actuels, parallèles, à 16 kilomètres environ l'un de l'autre, et ne se rejoignent plus qu'à 30 kilomètres de leur ancien confluent et 30 mètres plus bas.

Mais du fait diluvien et de ce confluent il est resté des traces et des conséquences hydrologiques importantes.

Ici, comme en bien d'autres lieux, le fleuve est venu aider la rivière à creuser à travers les couches peu résistantes du Miocène sous-jacent, déjà inclinées vers le N. E., un immense réservoir sablo-caillouteux d'eau excellente, fraîche et filtrée, qui déverse son trop-plein vers Gasseras et Montauban.

Au confluent de l'Aveyron et du Tarn il en a été de même.

Les grandes eaux diluviennes ont recouvert et peu à peu creusé le bassin de Montauban à Castelsarrasin, puis se sont retirées.

Les ingénieurs ont en partie refait l'œuvre géologique en ramenant de Toulouse à Castelsarrasin et à Montauban, sur la terrasse diluvienne, le dixième à peu près du débit de la Garonne, par le Canal latéral. Si donc Montauban a jamais besoin d'une grande quantité d'eau pour arroser la magnifique plaine qui l'environne, c'est au grand fleuve pyrénéen qu'il devra et pourra s'adresser.

Notice explicative d'une **Carte agro-géologique** *et* **hydrologique** *de* **Tarn-et-Garonne,**

par M. **Rey-Lescure.**

Les 372 000 hectares du département de Tarn-et-Garonne, divisés d'abord en deux régions principales (septentrionale, 182 000 hectares; méridionale, 189 000) par la ligne hydrographique de plus grande pente, E.-O. (100^{m} pour 150 kilomètres), de l'Aveyron, prolongé par le Tarn et la Garonne, se subdivisent encore en six régions secondaires, correspondant assez bien à six grandes divisions géologiques de nos terrains, savoir :

1° Au nord-est, les plateaux *triasiques, lia-jurassiques et éocènes* (79 500 hectares; altitude moyenne, 350^{m}) ;

2° Au centre-nord, les plateaux *éo-miocènes,* imperméables, transformés en collines par l'érosion (29 000 h. ; alt. 200^{m}) ;

3° Au nord-ouest, les côteaux argilo-calcaires et les plateaux formés par les calcaires d'eau douce, *miocène de l'Agenais,* perméables (73 500 h. ; alt. 200^{m}) ;

4° Au sud-est, les plateaux érodés ou côteaux *éocènes et miocènes du Bas-Quercy* (27 500 h. ; alt. 220^{m}) ;

5° Au sud-ouest, les plateaux élevés et les terrasses *miocènes et diluviens de la Gascogne* (80 000 h. ; alt. 200^{m}) ;

6° Au centre-sud, en fer de lance, les plaines et les vallées ou *confluents diluviens et alluviens* des trois grands cours d'eau et des quinze cours d'eau secondaires (82 176 h. ; alt. 60 à 110^{m}).

Une distribution plus précise des terrains géologiques et agronomiques les répartit en quinze régions :

Y, Y^{I}, Y^{II}. Les *Granites,* les *Gneiss* et les *Schistes* occupent, autour de Laguépie, 2 165 hectares. La décomposition du quartz, de l'orthose, du mica et du talc, y donne des sols siliceux, feldspathiques et alcalins, où le chaulage fait reculer le chataignier, le seigle et le sarrasin, devant le froment et les fourrages (I).

G, T^{1}, T^{2}, T^{3}. Les *Grès* et *dolomies triasiques,* de Loudes à l'Aveyron, occupent 3 225 hectares. Les grès bigarrés, blancs, gris, rouges, etc., donnent des pierres de grand appareil et des meules à aiguiser. De puissantes dolomies, avec quelques lits intercalaires d'argiles ou de marnes vertes et violettes, leur succèdent. Cette région siliceuse et magnésienne est très-analogue pour la culture et les progrès agricoles à la précédente (II : sols siliceux ; *s.*).

I, $J_{''}$, $J_{'}$, J. L'*Infra-lias* et le *Lias* couvrent 19 550 hectares, des environs de Lexos à ceux de Puy-la-Garde, de Saint-Projet à Saint-Antonin, de La Rabarié, près de Parizot, à Caylus, entre la Seye et la Bonnette. Des marnes fossilifères puissantes, grises ou bleuâtres et jaunâtres, riches, fertiles et profondément ravinées dans les étages moyen et supérieur, reposent, avec quelques bancs calcaires intercalés, sur les calcaires, tantôt schisteux, tantôt compactes et lithographiques, tantôt encore dolomitiques, caverneux ou lumachelliques, du Sinémurien (III : sols marneux calcaires et parfois siliceux ; *m. c. s.*).

J^{1}, J^{2}, J^{3}. Les *Calcaires jurassiques* occupent 40 763 hectares. Sur les flancs des vallées de la Bonnette et de l'Aveyron, on voit à leur base le *Bajocien,* avec ses premières assises gréseuses, très-fossilifères, auxquelles succèdent des couches dolomitiques, caverneuses, aquifères (Le Martinet, Caylus, Livron). Ces dernières sont elles-mêmes surmontées par les puissantes assises des calcaires siliceux, compactes

et parfois lithographiques, mais très-peu fossilifères, de la *Grande Oolithe.*

Ces calcaires et les couches liasiques qui les supportent, plongent régulièrement vers le sud-ouest, avec une pente de 3 à 4 0/0.

Au-dessus viennent les grands plateaux de calcaires *oxfordo-coralliens,* les *Causses,* profondément faillés et relevés dans des directions croisées, N.E.-S.O. et S.S.E.-N.N.O., très-voisines des systèmes de la Côte-d'Or et du Mont-Viso, et quelquefois même du système des Pyrénées (IV : sols argilo-siliceux, avec pierres ou débris de calcaires, fortement colorés en brun ou en rouge par des oxydes de fer; *a. s.* f^1 . *p.*).

E P, E M, E^1 M^1 , E^2 M^2 . Des *Argiles bariolées*, rouges et blanches, recouvrent les plateaux jurassiques sur plusieurs points. Elles représentent des dépôts geysériens et subgeysériens, lacustres, des étages *éocènes moyen* et *supérieur, sidérolithique* et *paléothérien,* pendant la formation desquels se sont produites les émissions hydro-thermales de phosphates de chaux filoniens et de pisolithes de fer des environs de Caylus, Malpérié, Mouillac, Servanac, Montricoux et Bruniquel.

L'éjection de ces substances et les émissions très-abondantes de matières boueuses, siliceuses et ferrugineuses, ont été provoquées par les relèvements, les affaissements et les contre-coups précurseurs, contemporains ou consécutifs du soulèvement des Pyrénées, qui ont été quelque peu déviés de la direction de ce dernier système par l'amorce des lignes et des points de plus facile ébranlement des failles antérieures (c'est l'étage *éocène* des phosphates, des plâtres, des pisolithes).

De ces terrains geysériens et lacustres consolidés, E M, *éo-miocènes,* il est resté en place les buttes de Lavaurette, Lasalle, Monpalach, etc. Le reste, soumis aux grandes érosions, aux remaniements et à la dilution des argiles et des sables des plateaux calcaires, a formé les sédiments lacustres ou fluvio-lacustres de la région centre-nord de Montpezat, Molières, La Française (V, VI : région de 42 787 hectares, où prédominent les argiles silico-ferrugineuses bariolées sur les plateaux, et les sols argilo-silico-calcaires du côté de Montpezat).

M^1 A^1 , M^2 A^2 , M^3 A^3 . Le *Calcaire blanc hydraulique de l'Agenais,* superposé à des sables et à des argiles alternantes, de 60 mètres d'épaisseur, se montre en corniche sur le flanc des vallées, à l'altitude moyenne de 150 à 180 mètres, dans les cantons de Moissac, Lauzerte, Montaigu, Bourg-de-Visa, Valence. Il a en moyenne 15 à 20 mètres d'épaisseur.

Très-bien caractérisé à Boudou, Malauze, etc., par l'*Helix Ramondi* et l'*Anthracotherium,* il est recouvert par de nouvelles couches alternantes de sables et d'argiles, couronnées par le *Calcaire gris,* siliceux ou magnésien, et quelquefois par un troisième banc calcaire.

Ce même étage du *Calcaire blanc de l'Agenais,* franchissant la Garonne, se montre à Auvillars, Pauly, Saint-Roch, Caumont, Labourgade et Larrazet, dans les cantons de Saint-Nicolas et de Beaumont, où il va plonger et s'amincir vers le sud-ouest, pour passer sous l'étage miocène de la Gascogne (VII, VIII : ces deux régions de plateaux calcaires et de côteaux argilo-calcaires riches occupent une étendue totale de 55 765 hectares).

$M^1 G^1$, $M^2 G^2$, $M^3 G^3$, $D^1 P$, $D^2 P$. Les divers plateaux étagés de *Marnes* et de *Sables mollassiques de la Gascogne,* sur la rive gauche de la Garonne, sont, dans les cantons de Lavit, Saint-Nicolas, Beaumont et Verdun, recouverts par des *Dépôts caillouteux* et des *Limons* siliceux ou silico-argileux, d'ailleurs peu aquifères (20 000 hectares).

D^3, D^4, D^5, D G. Au-dessous s'échelonnent les *Limons et dépôts caillouteux des terrasses* des rives de la Garonne, plus spécialement caractérisés par un limon jaune, argilo-siliceux, et par des cailloux de quartzite, de granite, de schistes et de grès (IX, X : sols silico-argileux ; 75 000 hectares).

A^3, A^2, A^1. Les *Alluvions modernes* riches *de la Garonne,* sablo-limoneuses ou caillouteuses, sont formées de gros sables micacés et de gros graviers composés de granite, lydienne, eurite, amphibole, ophite et quartzite, sous-jacents même au gravier argilo-quartzeux, rougeâtre, du Tarn, dans la presqu'île diluvienne de Montbartier à La Villedieu, jusque vers Lacourt-Saint-Pierre, Montbeton et Albefeuille (XI : 21 360 hectares).

D^3, D^4 T, D^5 T. Les *Limons silico-argileux* rougeâtres et les *Dépôts anciens caillouteux quartzeux du Tarn* occupent, sur la rive gauche, 14 000 hectares, qui ne formeront bientôt plus qu'un immense vignoble, de Campsas à Caltelsarrasin (XII).

C'est sous ce Diluvium de la rive gauche que gît la grande nappe aquifère, qui se trouve à 6 kilomètres à l'ouest-sud-ouest de Montauban, à la cote 95 mètres, avec une épaisseur de 3^m 80, dans les communes de Lacourt-Saint-Pierre et de Monbeton.

A^3, A^2, A^1. Les *Alluvions modernes du Tarn* forment 13 000 hectares de terrains argilo-siliceux, riches et très-aquifères, notamment sur la rive gauche à Gasseras (XIII).

D A, A. Le *Diluvium* et les *Alluvions de l'Aveyron* (18 000 hectares) présentent des sols siliceux, tantôt feldspathiques et ferrugineux dans le Diluvium, tantôt siliceux ou calcarifères dans les Alluvions, et recouvrant des cailloux schisteux, micacés, euritiques, amphiboliques, porphyriques et calcaires (XIV).

E, E M, $M^1 P^1$, $M^2 P^2$, $M^3 P^3$, D^2 P. Les *Argiles et sables molassiques éocènes, éo-miocènes, miocènes,* recouverts par les *Dépôts limoneux*

et caillouteux des plateaux du Bas-Quercy, viennent reposer à l'est sur des lambeaux de calcaire bajo-bathonien plongeant vers l'ouest. Cette région, silico-argileuse et quartzeuse, occupe 27 500 hectares, au sud-est de Montauban, du côté de Villebrumier, Monclar et Négrepelisse (XV).

Remarques hydrographiques et stratigraphiques.

Il est à remarquer dans la région nord que les plateaux se trouvent symétriquement découpés, de 16 en 16 kilomètres, par cinq cours d'eau secondaires, dirigés du N. N. E. au S. S. O. ou du N. E. au S. O., vers le grand collecteur médian E. O.

Ces cours d'eau provenant des calcaires secondaires du revers sud de la vallée du Lot ont probablement suivi des lignes de dislocations ou d'érosions antérieures, ou des directrices concordantes de plus facile érosion, ébauchées par des failles ou des fentes orientées, avec ou sans rejet, dont les traces ont pu disparaître dans des calcaires lacustres peu épais, au milieu des matières meubles.

Dans la région sud, la Garonne et le Tarn, d'abord sensiblement parallèles et dirigés du S. 30° E. au N. 30° O., puis réunis et infléchis vers l'O. N. O., de Castelsarrasin à Agen, ont dû trouver comme directrices d'érosion ou comme lignes de plus grande résistance, à tous les étages, des roches et des couches dont les fractures ou les érosions antérieures ou peut-être même les zones diverses de sédimentation et de plongement étaient alignées suivant des directions se rapprochant beaucoup des systèmes de la Côte-d'Or, du Mont-Viso et des Pyrénées. Et l'on peut, croyons-nous, dire avec beaucoup de probabilité, que le département de Tarn-et-Garonne a été depuis la fin de l'époque secondaire un centre d'affaissements et de dislocations, tandis que les bords du Plateau central, les Pyrénées et les rivages anciens de l'Océan obéissaient à des exhaussements qui éloignaient de plus en plus la mer de l'ancien golfe transformé en lac et à peu près comblé par les cours d'eau voisins.

M. **Fabre** demande si les cailloux roulés de quartz blanc signalés par M. Rey-Lescure dans les parties remaniées des têtes des filons de phosphates se retrouvent dans les dépôts d'argile sidérolithique.

M. **Rey-Lescure** répond que ces cailloux sont d'origine diluvienne et qu'on ne les trouve intercalés à aucun niveau de la série tertiaire.

M. **G. Fabre** met sous les yeux de la Société le manuscrit d'une **Carte géologique, minéralogique** *et* **agronomique** *du* **Canton** *de* **Mende,** au $\frac{1}{20\,000^e}$. Il insiste tout d'abord, en quelques mots, sur l'opportunité de la confection des cartes géologiques détaillées à grande échelle. L'insuffisance de l'échelle de l'État-Major est surtout frappante dans les pays de montagnes, où un nombre considérable d'étages vient souvent affleurer sur des pentes escarpées, et où des fractures multiples introduisent parfois une grande complication dans le figuré des terrains. C'est en vue de remédier à ces difficultés que l'auteur a adopté l'échelle du $\frac{1}{20\,000^e}$; le canevas topographique a été pris sur les plans d'assemblage du cadastre.

Dans le canton de Mende en particulier, des difficultés spéciales d'exécution sont inhérentes, d'une part, à la constitution montagneuse et compliquée de la région, d'autre part, à l'insuffisance des études géologiques antérieures (1). Quoiqu'il en soit, l'absence complète de tout limon quaternaire donne certaines facilités pour le dessin de la *Carte agronomique,* car les contours de celle-ci se confondent entièrement avec ceux de la *Carte géologique.* Comme d'ailleurs les étages géologiques ne changent pas de composition dans les limites restreintes du canton, il en résulte que la même carte a pu être rendue à la fois *géologique, minéralogique* et *agronomique,* au moyen d'une triple légende des signes et des couleurs.

La carte occupe une feuille de 1m30 de large sur 1m50 de hauteur. La représentation graphique des divers terrains est effectuée au moyen de vingt-neuf couleurs ou lettres indicatives ; des signes conventionnels supplémentaires, au nombre de onze, indiquent les grandes failles qui accidentent la région, ainsi que les divers filons métallifères ou pierreux. Une triple légende : géologique, minéralogique et agronomique, est destinée à faire ressortir les relations intimes qui unissent entre eux ces trois ordres de considérations distinctes.

La *Légende géologique* donne les caractères des différents étages, leurs fossiles principaux, leur épaisseur moyenne et leurs équivalents étrangers.

La *Légende minéralogique* permet de connaître, en chaque point, la nature du terrain, les minéraux accidentels qu'il peut offrir, sa désignation vulgaire ou locale, et l'indication des matériaux utiles aux arts, à l'industrie et à l'agriculture.

La *Légende agronomique* donne le degré de perméabilité du sous-sol, la nature de la terre végétale, son degré d'acidité et sa profondeur

(1) La coupe donnée en 1854 par M. Kœchlin-Schlumberger *(Bull.,* 2e sér., t. XI, p. 605) est le seul travail réellement utile à consulter sur la région.

moyenne ; elle fait connaître de plus les principaux amendements ou améliorations, et indique, d'une façon sommaire, d'après les relevés du cadastre, la distribution actuelle des cultures sur chaque terrain et les cultures à préférer.

A l'inspection seule de la Carte, on reconnaît que le canton de Mende est constitué par une région de plateaux calcaires jurassiques, à l'altitude moyenne de 900 mètres, dominés et enserrés par les hauts massifs cristallins de la Boulaine *(micaschiste)*, de la Margeride et du Mont-Lozère *(granite)*. Du côté de l'ouest, les plateaux calcaires s'abaissent lentement vers le département de l'Aveyron et constituent la remarquable région naturelle dite des *Causses*, qui imprime une physionomie si spéciale à cette partie de la France.

Les plateaux de calcaire jurassique, couronnés par des escarpements verticaux et ruiniformes de dolomie, sont coupés par les vallées profondes de la rivière du Lot et de l'un de ses affluents torrentiels, le Bramont; ils dominent, d'une hauteur de 300 mètres, deux régions ondulées que caractérise le terrain liasique, savoir : les environs de Mende et le Valdonnès.

La série jurassique des environs de Mende a une épaisseur moyenne de 500 mètres; elle est absolument concordante, depuis les arkoses infraliasiques de la base jusqu'aux calcaires lithographiques oxfordiens du sommet. Trois lacunes seules en interrompent la parfaite continuité; les étages qui font défaut sont :

Les couches supérieures de la Grande Oolithe ;
La zone liasique de la Gryphée arquée;
La zone infraliasique de l'*Ammonites planorbis*.

Le tableau ci-joint fait connaître les subdivisions qu'il nous a paru nécessaire d'introduire dans la série jurassique.

Les principaux faits que met en lumière la coupe complète de la série jurassique des environs de Mende sont :

1° L'existence, à la base de l'Infra-lias, de grès arkoses plus ou moins minéralisés *(barytine, galène)*, comme en Bourgogne, etc.;

2° L'absence de l'horizon à Gryphée arquée, comme dans tout le Languedoc;

3° L'identité du faciès minéralogique des argiles du Lias supérieur dans la Lozère, le Jura, etc.;

4° L'importance stratigraphique de l'horizon à Fucoïdes, qui fait le tour du Plateau central depuis Poitiers jusqu'à Lyon;

5° L'existence bien constatée d'un Bathonien très-épais; ce fait est tout nouveau dans l'histoire géologique de la bordure méridionale du Plateau central;

		…ois profonds pour céréales		
…noir, bitumineux.	Jay…			
…calcarifère ; bancs de	Py…	…is d'un travail difficile.		Froment, Sainfoin.
…r, argileux, en bancs	Mo…	…is pierreuse.		Id. id.
…spathique, compacte,	Hé… p…	…té, mais pierreuse et peu		Céréales, Sainfoin.
…spathique, très-com… …nt en plaquettes.	Co… n…	…s plus pierreuse et sèche.		Id. id.
…le, avec lits de car… …le verte.	Cal… n…	…e mauvaise qualité.		Sainfoin ; bois de Chêne.
…en, brun, compacte,	Nœ… t…	…mais gélive ; spécialement …s et des légumineuses en		Racines et légumineuses.
….	Vei… n…	…olonneux, très-léger.		Bois de Pin sylvestre.
				Bois. Prés. Cultures.
…artz blanc, vitreux.	Tou… p…	…langé de pierrailles angu…	Bois.	0,50, 0,20, 0,30.
…uartz gris ; mica ar…	Tou… p…	id.		0.50, 0,20, 0,30.
…ca noir ; quartz gris ; …lase.	Jam… d…	…semé de rochers arrondis		0,70, 0,20, 0.10.
…ica vert-plombeux ; …abondant.	Mou…	…s rochers.		0,70, 0,20, 0,10.
…foncé, jamais blanc.	Am… d…	…ès-léger, encombré de		0,70, 0,10, 0,20.
…vent hyalin ou haché. …oir.	Den… Rog… gr… Mou…			Bois de Pin sylvestre.
…-alumineuse, avec …et sables granitiques.	Fer… ca…	…le, mais formant par son …lu *Causse* une bonne terre		
…e et quartz.	Pyri…			

6° La persistance remarquable des faunes callovienne et oxfordienne, malgré l'épaisseur réduite des sédiments;

7° La récurrence des niveaux magnésiens (dolomitiques) dans l'Infra-lias, l'Oolithe inférieure et le Bathonien.

L'intérêt géologique offert par la série jurassique du canton de Mende s'accroît encore quand on étudie les dislocations qu'elle a éprouvées, et ses relations actuelles avec les massifs cristallins environnants. Aussi avons-nous mis un soin tout particulier à relever avec précision les nombreuses failles qui sillonnent la région.

La carte donne le tracé exact de vingt-quatre grandes failles orographiques, dont la longueur varie entre 1 et 25 kilomètres; ces fractures intéressantes ont provoqué d'un côté le vigoureux relief du Mont-Lozère (1700ᵐ), de l'autre ceux moins accentués de la Margeride (1543ᵐ) et de la Boulaine (1297ᵐ). Ces nombreux accidents se groupent naturellement sous trois directions différentes :

N.-N.-O.	ou exactement	22° 48'	(système du Mont-Viso).
N.-E.	—	23°	(— des Alpes-Occidentales).
		42°	(— de la Côte-d'Or).
E.-O.	—	106°	(— des Pyrénées).

Le groupe E.-O. est représenté par une grande cassure qui passe un peu au nord de Mende et s'accentue vers l'est, sous forme de faille, au col de La Loubière ; nous l'avons désignée dans un travail antérieur sous le nom de *faille d'Orcières* ou du Mont-Lozère (1).

Le groupe N.-E. s'accuse principalement par deux failles, celle du Valdonnès (23°) et celle de Bahours (42°); elles font toutes deux buter la série sédimentaire contre les roches cristallines.

Le groupe N.-N.-O. est caractérisé dans la partie centrale du canton par ses émissions de bauxite et de sables granitiques; dans la partie orientale, au contraire, il contribue presque seul au soulèvement de la Margeride.

En dehors de l'importance scientifique et toute théorique de la Carte du canton de Mende, il n'est peut-être pas hors de propos de faire ressortir ici en quelques mots l'utilité pratique de ses applications agricoles. L'agriculture, en effet, est appelée à profiter de plus en plus de la vulgarisation de toutes les découvertes scientifiques qui peuvent augmenter la fécondité de la terre; c'est à ce titre que la connaissance exacte du sol et du sous-sol est l'élément premier et indispensable de tout progrès agricole.

Dans le canton de Mende, comme nous l'avons dit plus haut, à

(1) *Bull. Soc. géol. de France*, 3ᵉ sér., t. I, p. 306 et suiv.

chaque étage minéralogique correspondent des formes orographiques particulières, un sol végétal spécial; la distribution des cultures est ainsi une conséquence directe de l'orographie.

Ainsi les deux régions liasiques, les environs de Mende et le Valdonnès, sont des terres à froment argilo-calcaires, généralement fertiles. Les *Causses* (calcaires et dolomie de l'Oolithe) sont dénudés sur leurs pentes abruptes, nus et pour ainsi dire stériles sur leurs plateaux. La région schisteuse de la Boulaine est encore essentiellement forestière, malgré l'extension outrée de la culture du seigle. Quant aux régions granitiques, qui devraient allier la culture pastorale à la culture des forêts, elles présentent généralement des surfaces dénudées par la culture *extensive* du seigle; les pacages y sont appauvris par le parcours immodéré et incessant des moutons, et par l'incomplète utilisation des eaux d'irrigation.

Toutes les questions relatives à cette situation agricole arriérée et aux réformes à y apporter sont résumées dans la *Légende agronomique* jointe à la Carte.

Le tracé des failles, qui semble au premier abord n'avoir qu'un intérêt tout théorique, trouve ici une application pratique et féconde. Le groupe des cassures dirigées N.-N.-O. joue en effet, dans la grande masse filtrante des calcaires du Causse, un rôle économique de grande importance, celui de rompre la nappe d'eau souterraine qui existe sur les argiles du Lias, et d'en favoriser l'écoulement latéral. A chacune de ces failles N.-N.-O. correspond une source sur le versant du Causse, et réciproquement à chaque source on est certain de découvrir une faille. Cela étant, la connaissance de la direction précise de ces failles et de leur allure permettra de diriger les recherches de sources et les travaux de captation de celles existantes, sans les tâtonnements onéreux et si souvent stériles qui caractérisent ordinairement l'*art de découvrir les sources* dans la région (1).

Enfin la représentation sur la Carte des gîtes d'argile éruptive échelonnés sur ces failles n'a pas seulement un intérêt théorique; elle indique les points d'origine de la terre végétale rouge des Causses, et par suite les points de plus grande fertilité de ces plateaux, ordinairement si arides.

M. **Daubrée** demande à M. Fabre avec quel système de failles sont en relation les arkoses à mouches de galène.

M. **Fabre** répond que les mouches de baryte et de galène sont disséminées partout dans les couches de l'arkose; ces minerais paraissent contem-

(1) V. *Bull. Soc. d'Agriculture de la Lozère*, t. XXIII, 2e part., p. 42.

porains du dépôt même des couches, et ne sont en relation avec aucun système de failles. Il n'en est pas de même des véritables filons de galène et de baryte; ceux-ci forment dans le canton de Mende un faisceau orienté 116° 30', très-apparent dans la vallée de Bahours, et constituant la concession minière de ce nom. Les émanations barytiques et métallifères sont postérieures aux dépôts du Lias, car sur le prolongement méridional du faisceau on trouve des veines et des filets minéralisés jusque dans les calcaires à *Gryphæa cymbium*, dans le vallon du Rieucros.

M. **Delesse** demande s'il a été constaté que l'épaisseur de la terre végétale rouge des *Causses* fût en relation avec l'orographie de ces plateaux, et si cette argile est plus épaisse dans le voisinage des failles. Pour lui, il est persuadé que dans la recherche de l'origine de cette terre végétale il faut tenir compte de l'argile résultant de la décomposition lente des calcaires sous-jacents, argile qui viendrait s'ajouter aux produits de même nature apportés par les eaux.

M. **Fabre** répond que la terre végétale rouge est notablement plus épaisse et plus riche en graviers quartzeux aux environs immédiats des failles du système N.-N.-O.; elle est presque absente sur les mamelons qui accidentent la surface des plateaux, mais elle prend une épaisseur souvent considérable au fond des *combes*. Son importance est donc intimement liée, soit avec l'orographie des plateaux, soit avec le voisinage des masses d'argile éruptive dont elle paraît dériver directement par voie de transport aqueux.

Quant à la part contributive qui, selon M. Delesse, devrait être attribuée à la décomposition des calcaires sous-jacents, M. Fabre ne la nie pas d'une façon absolue, mais la croit autrement faible, et complétement négligeable en face de l'importance des produits du remaniement des argiles. Cette opinion est fortement étayée par le fait de l'indépendance absolue de la terre végétale rouge et du sous-sol dolomitique ou calcaire. Quelques analyses précises des dolomies sableuses et des calcaires lithographiques ou coralliens des *Causses* permettraient seules de se rendre un compte exact des proportions d'argile et de fer que ces roches ont pû céder à la terre végétale par leur lente dissolution.

Séance du 19 *avril* 1875.

PRÉSIDENCE DE M. DAUBRÉE, *vice-président*.

M. Sauvage, secrétaire, donne lecture du procès-verbal de la dernière séance, dont la rédaction est adoptée.

Par suite de la présentation faite dans la dernière séance, le Président proclame membre de la Société :

M. Le Marchand (Augustin), Ingénieur, aux Chartreux, près Rouen (Seine-Inférieure), présenté par MM. Hébert et Piette.

Il annonce ensuite la mort de MM. l'abbé Berthon, Coupery et l'abbé Docq.

La réunion de la Société Helvétique des Sciences naturelles devant avoir lieu à Andermatt le 13 septembre, la Société décide que la réunion extraordinaire de Genève commencera le dimanche 29 août.

M. Benoît fait la communication suivante :

Essai d'un Tableau comparatif des **terrains tertiaires** *dans le* **bassin du Rhône et des Usses,**

par M. Emile **Benoît.**

Les études pour la Carte géologique du département de l'Ain, c'est-à-dire du Jura méridional, doivent naturellement s'étendre autour du massif. Lorsqu'il s'agit de terrains tertiaires, l'explorateur est forcément entraîné vers les Alpes pour chercher dans le centre du bassin les types des couches et leur ordre de succession. A cet égard, la vallée du Rhône, depuis la Perte jusqu'à Seyssel, et la vallée des Usses, depuis Seyssel jusqu'aux chaînes sub-alpines, offrent les affleurements les plus favorables à un classement méthodique. Ce classement est résumé dans le tableau comparatif ci-après ; il pourra peut-être aider à la solution de plusieurs controverses qui existent encore.

On peut tout d'abord fixer quelques points de repère sur lesquels on est assez d'accord. C'est le terrain sidérolitique, qui vient se placer sur le niveau du Gypse parisien ; c'est le terrain nummulitique des Alpes, qui contient soit les fossiles du Soissonnais et du groupe du Calcaire grossier parisien, soit ceux du groupe des Sables de Fontainebleau; c'est encore la Mollasse marine, qui est de l'âge des Faluns de Touraine.

Il y a, d'un bord à l'autre du bassin tertiaire qui sépare le Jura des Alpes, des différences stratigraphiques et paléontologiques telles, qu'on admet deux bassins, l'un d'eau douce vers le Jura, l'autre marin vers les Alpes, pendant les premiers temps tertiaires. Il y a déjà longtemps (1) que j'ai essayé quelques objections à cette idée trop absolue de la séquestration du Nummulitique dans les Alpes ; mes explorations postérieures n'ont fait que me confirmer dans cette proposition : qu'il y a, dans les basses vallées de la Suisse et de la Savoie, des couches marines et des couches d'eau douce contemporaines du Nummulitique des Alpes.

Voici le tableau de nos terrains tertiaires :

(1) *Note sur les terrains tertiaires entre le Jura et les Alpes. Bull.*, 2e sér., t. XVII, p. 387 ; 1860.

Tableau comparatif des terrains tertiaires.

BASSIN DE PARIS.	BASSIN DU RHÔNE ET DES USSES.	CONTREFORTS DES ALPES.
Faluns de Touraine.	Mollasse sableuse.	Mollasse de la plaine.
	Bancs solides. Grès coquillier.	Muschelsandstein.
	Mollasse grise.	Mollasse grise du pied des Alpes.
	Mollasse bleue.	Mollasse bleue du pied des Alpes.
	Conglomérat local.	Nagelfluhs.
Calcaire d'Orléans. Calcaire de Beauce. Meulière de Beauce.	Mollasse calcaire grumeleuse.	Flysch (schisteux).
	3es couches d'eau douce. Lignites.	Flysch (gréseux).
Sables de Fontainebleau. Cailloux roulés de......	2e Mollasse rouge. Lits de charriage.	Macigno ; Grès moucheté. Grès nummulitique. Conglomérat nummulitique.
	Grès feldspathique.	Grès de Taviglianaz.
Calcaire de Brie. Meulière de Brie.	2es couches d'eau douce.	Grès argileux avec apparences de Fucoïdes.
Argiles vertes. Marnes vertes.	Mollasse à gypse.	
Argiles smectiques.	1res couches d'eau douce.	
Marnes à Cyrènes.	Grès micacé (Fucoïdes ?)	
Marnes vertes. Marnes blanches.	1re Mollasse rouge.	Calcaire argileux et gréseux. Couches violettes.
Gypse parisien. Calcaire de Saint-Ouen. Sables de Beauchamp. Calcaire grossier. Sables, calcaires et lignites du Soissonnais.	Sidérolitique.	Sidérolitique. Calcaire nummulitique. Lignites. Calcaire nummulitique.
CRAIE.		CRAIE.

Entre le Plateau central et les Alpes, il faut ranger dans les terrains tertiaires inférieurs tout ce qui est au-dessous de la Mollasse marine bien caractérisée. Il faut donc procéder par groupes, en commençant par les plus inférieurs, en les poursuivant d'un bord à l'autre du bassin. Des deux côtés les couches sont pour la plupart très-semblables de constitution lithologique; les couches de sables, comme n'en charrient jamais les eaux douces, sont les plus fréquentes, et si elles sont bien évidemment marines d'un côté du bassin, elles ne peuvent être d'eau douce de l'autre côté, malgré l'absence de fossiles marins et même malgré la présence de quelques fossiles d'eau douce, car ceux-ci ont pu être amenés par des affluents dans des golfes ou lagunes. Des couches à fossiles d'eau douce ont donc pu se former accidentellement, comme cela s'est, en effet, produit à trois reprises le long du Jura, d'où sont venus aussi les éléments marneux et calcaires de ces couches, relativement peu importantes, qui s'introduisent dans la grande masse des sables, mollasses et grès tertiaires à faciès tout à fait marin.

Il est de fait que la mer était du côté des Alpes à l'époque du Nummulitique, et du côté du Jura à l'époque du Miocène ; dans la région intermédiaire la continuité des couches est forcée et doit servir à prouver les relations d'âge d'un bord à l'autre du bassin.

L'idée de mollasses inférieures de formation d'eau douce a conduit à une autre idée de séparation de la mer du Nord d'avec la mer du Sud après la formation du Nummulitique des Alpes, puis du retour de la mer à l'époque du Grès coquillier. On ne trouve aucun indice de ce va-et-vient dans le sens longitudinal du bassin ; il y a eu seulement des déplacements dans le sens transversal : la mer s'est déversée de l'est à l'ouest, c'est-à-dire des Alpes vers le Jura, pendant la formation des terrains tertiaires. Voilà le fait très-simple et très-important que démontre la stratigraphie.

Sidérolitique.

Du Jura septentrional, où le terrain sidérolitique est bien développé et a été si bien décrit, au Jura méridional, où des sables siliceux et des argiles bigarrées, avec ou sans minerai de fer, forment la base des terrains tertiaires, la distance est grande, et cependant on peut suivre d'étape en étape la continuation et la similitude de cette formation singulière, à laquelle Gressly a le premier attribué une origine éruptive. Ce terrain sidérolitique est le premier venu dans le Jura, et comme il est déjà assez élevé dans la série générale, puisqu'il se range sur le niveau du Calcaire grossier et du Gypse du bassin parisien, il devient certain qu'il y a dans le Jura une lacune des couches tertiaires plus inférieures. Cette lacune se place précisément à l'époque d'une grande ablation

post-crétacée, dont nous avons peine à nous rendre compte; mais pendant ce temps la mer persistait ailleurs, par exemple vers les Alpes, où elle commençait la série des terrains nummulitiques. Alors les reliefs étaient encore fort peu accentués, et il suffisait de faibles oscillations pour déplacer les mers, supprimer ou étendre leurs lagunes.

Quant à l'origine éruptive du Sidérolitique, elle n'est plus guère contestée; il est évident que ses éléments minéralogiques ne peuvent provenir du démantèlement des roches calcaires qui le supportent et l'entourent.

Il y a trois choses dans le Sidérolitique : des *sables siliceux*, du *minerai de fer*, des *argiles bigarrées*. Si nous partons du type sidérolitique de la vallée de Délémont, nous retrouvons ce terrain toujours identique à lui-même dans les vallées intérieures et le long du pied du Jura, depuis les parages de Neuchâtel jusque dans la vallée de l'Orbe. De là jusqu'à Fort-l'Ecluse on ne rencontre que de rares et petits affleurements, les vastes dépôts erratiques masquant tous les terrains. De Fort-l'Ecluse, par Bellegarde et Seyssel, le Sidérolitique reparaît et se continue au sud et à l'est vers les Alpes. Ainsi, le Sidérolitique présente partout la même succession de couches, quand il n'est pas réduit à un simple remplissage dans les roches jurassiques et néocomiennes.

Il est à remarquer cependant que les sables siliceux, toujours plus ou moins cristallins, se mêlent de plus en plus aux argiles bigarrées à mesure qu'on descend du nord au sud et qu'on va du Jura aux Alpes. Il y a donc selon les lieux deux niveaux de sables siliceux : celui du début, qui est sous le minerai de fer de la région jurassique, et celui qui est sur ce minerai, se mêle aux argiles bigarrées et s'y substitue progressivement du Jura méridional aux Alpes, comme à la Perte-du-Rhône, à Pyrimont, à Seyssel et au Salève.

Étant donné un bassin tertiaire entre le Jura et les Alpes, le problème consiste à savoir si le Nummulitique des Alpes envoie des couches dans les Mollasses des basses vallées, et réciproquement. L'enchevêtrement est présumable, puisqu'il y a continuité des couches tertiaires par certaines localités. Or, pour ne parler actuellement que du Sidérolitique, toutes nos recherches ont confirmé ce fait, qu'il s'étend du Jura jusque sous le Grès nummulitique des Alpes, les Calcaires nummulitiques et les lignites lui étant inférieurs et représentant les premiers temps de l'époque tertiaire.

Ainsi, dans le massif des Beauges, le Sidérolitique avec minerai de fer existe sur une foule de points au revers oriental de la chaîne du Semnoz, terminée à Annecy par le Crêt-du-Maure (Cré du Mor), chaîne séparative de la région nummulitique et de la vallée mollassique de Rumilly, où la série tertiaire commence encore par le Sidérolitique,

bien visible au revers de la Chautagne, à la colline de Lovagny, suite du Salève, à Annecy-le-Vieux, etc. Partout le Sidérolitique repose sur l'Urgonien et en remplit les crevasses et les fissures. Jamais on n'a signalé ce terrain, ou des sables pouvant s'y rapporter, en dessous des calcaires et lignites du terrain nummulitique; c'est seulement sous le Grès nummulitique qu'on le voit s'insinuer, et il est probable que ce grès a remanié des sables sidérolitiques, comme à Annecy-le-Vieux, par exemple, où l'on a recherché récemment les minerais de fer épuisés à Cruseilles, au revers du Salève.

La distribution du Sidérolitique est donc très-irrégulière. Les actions éruptives n'ont pas commencé et fini partout en même temps et uniformément. Il y a eu des phases d'activité, des déplacements de bassins sédimentaires, des mutations entre les eaux marines et les eaux douces, des oscillations du sol et une accentuation progressive des formes orographiques. S'il n'y a pas de fossiles dans ces couches sidérolitiques, c'est que les émanations délétères de l'époque empoisonnaient les eaux de la mer comme les eaux douces.

Nous ne pouvons, faute d'espace, que signaler ici un fait géologique: c'est que l'asphalte est venu à la fin de la formation sidérolitique, puisque les sables de ce groupe en sont imprégnés sur plusieurs points, ainsi que les sables du Gault et les calcaires crayeux de l'Urgonien sur certains rivages de l'époque. Les localités à citer sont : Pyrimont près Seyssel, Chalonge et Volant sur la rive gauche du Rhône, le Pont-Serrasson sur les Usses, Lovagny sur le prolongement du Salève, etc. L'asphalte a flotté. D'où venait-il ? Il a forcément une origine éruptive ; il peut, comme le pétrole, être le résultat de combinaisons chimiques formées sous l'influence puissante et encore inconnue de la pression et de la chaleur souterraines.

Mollasses inférieures, dites mollasses d'eau douce.

Ces dénominations collectives s'appliquent habituellement à tout ce qui est au-dessous de la Mollasse marine miocène, y compris même le Sidérolitique en bien des cas. La limite inférieure est donc assez souvent difficile à fixer, parce qu'il est probable que la formation du Sidérolitique n'a pas pris fin partout en même temps et identiquement, et que l'action éruptive a pu se prolonger sur certains points pendant que des sédiments mieux stratifiés se déposaient sur d'autres points, remaniant le Sidérolitique en d'autres endroits.

Considérées en masse, les Mollasses inférieures sont moins épaisses et plus variées de couleurs du côté du Jura que du côté des Alpes, où elles prennent une énorme puissance et un faciès lithologique alpin très-uniforme. Il y a donc des variations d'un bord à l'autre du bassin

tertiaire, des enchevêtrements forcés des couches mollassiques avec les quelques couches marneuses ou calcaires à fossiles d'eau douce qui se rangent plus particulièrement le long du Jura.

Dans les Alpes, le Nummulitique représente aussi une série des terrains tertiaires inférieurs, et il doit y avoir quelque part des enchevêtrements avec les Mollasses de la plaine.

Le groupe dont on a fait la *Mollasse d'eau douce* ou *Mollasse inférieure* est de formation marine. En effet, sur différents points on a trouvé des couches à fossiles marins se rangeant sur divers niveaux du groupe, et même sur la base du Sidérolitique. D'ailleurs, les lacs n'ont ni marées, ni grands courants continentaux charriant les sables et les galets; leurs sédiments sont au contraire vaseux, en feuillets nombreux. Quant aux grands fleuves que l'on a supposés pour expliquer certaines couches graveleuses dans les Mollasses et en induire que le tout est de formation d'eau douce, comme ces couches de graviers ne présentent pas les enchevêtrements qui caractérisent les dépôts torrentiels, il faut admettre une agitation marine procédant de quelque oscillation de l'écorce terrestre, que d'autres faits démontrent d'ailleurs. Il n'est donc pas probable qu'il y ait dans les Mollasses inférieures autant de couches d'eau douce qu'on le suppose encore maintenant.

Voici la succession des couches :

Première Mollasse rouge.

Dans les livres de géologie sur la Suisse et la Savoie, il est question de *Mollasse rouge,* mais l'interprétation des auteurs laisse quelque équivoque sur le classement de certaines couches des Mollasses inférieures. Il y a deux Mollasses rouges. La première succède au Sidérolitique et précède la Mollasse à gypse; c'est la Mollasse rouge du pied du Jura. La deuxième, plus généralement connue et citée, est au-dessus de la Mollasse à gypse; c'est la Mollasse rouge de Lausanne, de Vevey, du Vengeron, du revers du Salève, etc. Quand la Mollasse à gypse manque ou est rudimentaire, les deux Mollasses rouges sont très-rapprochées, et on a pu les confondre en une seule formation.

Il y a en général de la difficulté à séparer le Sidérolitique des couches qui viennent en dessus, parce que les couleurs vives, surtout les teintes rouges et violettes, reparaissent encore. C'est par la constance des discordances de stratification que la séparation peut se faire nettement.

Cette première Mollasse rouge a plutôt un aspect général violacé, parce que les couleurs bleuâtres et verdâtres se mêlent aux rouges plus que dans le Sidérolitique, qui a aussi une stratification bien moins apparente. Elle a partout une remarquable uniformité et est composée d'alternances multipliées de couches à éléments fins, argileux, quart-

zeux, de consistance mollassique, où les calcaires font généralement défaut. Quelques-unes de ces couches mollassiques bleuâtres et verdâtres sont évidemment formées d'éléments qui viennent des massifs alpins; or la mer existait alors vers les Alpes; donc ces premières couches des Mollasses inférieures sont marines, en grande partie du moins.

Du côté du Jura les couleurs vives persistent dans des couches alternantes, comme s'il y avait eu remaniement partiel et local du Sidérolitique.

La partie supérieure des couches qui nous occupent devient plus calcarifère le long du Jura, et on y rencontre souvent des schistes, des marnes, des calcaires marneux, ayant une odeur bitumineuse fétide, rappelant l'asphalte. C'est la place d'un certain calcaire fétide souvent cité par les géologues.

Certaines couches sableuses et perméables sont quelquefois imprégnées d'asphalte aux environs de Pyrimont, de Seyssel, de Frangy sur les Usses. Cette imprégnation a pu se faire pendant le dépôt ou postérieurement; l'asphalte a pu alors suinter abondamment des roches qui en étaient localement saturées; c'est là probablement la cause de cette fétidité si fréquente des couches de ce niveau géologique.

Grès micacés.

Il s'agit ici de couches étranges au milieu de celles qui les enclavent. La roche dominante est un grès calcarifère, mêlé de grès argileux, d'argiles presque pures et de calcaires gréseux, le tout très-micacé et mal stratifié, faisant contraste avec les couches qui sont en dessous et avec celles qui reposent par dessus. Les éléments sédimentaires viennent des Alpes; il y a donc des relations probables avec certaines couches du Nummulitique.

Ce petit groupe de grès micacés est toujours sous la Mollasse à gypse, dont il n'est séparé que par quelques marnes et calcaires marneux assez inconstants, où l'on trouve quelquefois les premiers fossiles d'eau douce.

Les Grès micacés font biseau vers le Jura, vers les montagnes de la Chautagne et du Vuache, comme on le voit bien dans les ravins de Seyssel-Savoie, d'Epilly, du Pont-Serrasson sur les Usses, etc. Leur faciès alpin, gris-verdâtre, micacé, fait un brusque contraste avec les couches à teintes vives qui sont en dessous. Dans la méthode stratigraphique, à défaut de fossiles, on s'aide de proche en proche de la nature minéralogique de la roche; ces investigations ont fait remarquer dans les Grès micacés quelques indices de plantes marines. Ce sont seulement des traces blanchâtres, très-courtes, souvent dichotomées, éparses dans la pâte verdâtre de la roche; dans certains lits

ces traces sont noirâtres ; elles semblent être des Fucoïdes. Des échantillons de ces grès mis à côté de certains échantillons du Flysch des Alpes paraissent assez semblables. Il n'en résulte pas que les deux roches soient absolument du même âge, bien qu'il y ait présomption de rapprochement. Ces apparences végétales, cette ressemblance lithologique prouvent seulement que la mer a pu s'étendre des Alpes jusqu'au pied du Jura pendant certaines périodes des premiers temps tertiaires. Il faut remarquer aussi que les plantes marines pullulent dans les eaux peu profondes ; des Fucoïdes ont donc pu se propager d'abord dans le voisinage du Jura dès que les émanations délétères de l'époque sidérolitique ont cessé, et ensuite se maintenir de station en station jusque dans les couches les plus supérieures du Flysch des Alpes de la Suisse.

Les Grès micacés se retrouvent dans le lit du Vengeron, près de Genève, en dessous de la Mollasse rouge proprement dite, butant par une faille ou un glissement oblique contre une masse d'argiles bigarrées qui fait probablement partie du Sidérolitique. M. Alph. Favre, dans son excellent ouvrage (1), conteste l'origine marine de ces grès, parce que l'*Helix rugulosa*, Ziet., a été trouvée dans cet endroit. Mais ce petit coquillage terrestre ne nous dit pas s'il est tombé dans un lac ou dans une lagune marine. A-t-il été recueilli dans les couches marneuses qui séparent les coins et biseaux des grès et qui ont un caractère riverain dû sans doute à des fluctuations alternatives d'eaux marines et d'eaux douces ? D'ailleurs, il y a peut-être à cet endroit deux grès superposés, discordants, enclavant quelques couches à fossiles d'eau douce seuls représentants du niveau du gypse.

Ce n'est pas par la ressemblance des roches que l'on peut classer des couches placées à de grandes distances ; la méthode stratigraphique n'est pas si simple que cela ; elle procède surtout horizontalement et de proche en proche. On peut donc croire que le démantèlement des immenses masses de schistes cristallins et de terrains anciens des Alpes a pu fournir des matériaux gréseux au Macigno alpin, des matériaux sableux plus fins aux Mollasses inférieures de la plaine, tandis que le Flysch se déposait longuement et uniformément dans la région des grandes Alpes de la Suisse.

Premières couches d'eau douce.

Elles sont toujours, dans le voisinage du Jura, sur les Grès micacés

(1) *Rech. géol. dans les parties de la Savoie, du Piémont et de la Suisse voisines du Mont-Blanc*, t. I, p. 231 ; 1867.

ou sur les couches plus inférieures, et sous la Mollasse à gypse. Il ne s'agit ici que d'un fait local, car des couches d'eau douce, des lignites, etc., ont pu se former ailleurs antérieurement.

Les couches en question sont très-inconstantes et composées de calcaires gris, bleuâtres ou verdâtres, argileux par feuillets, quelquefois micacés, en petits bancs.

Les fossiles sont très-rares; ce sont des débris de Planorbes et des graines de *Chara helicteres,* Brong. Cette espèce se retrouve dans le val de Délémont dans des calcaires marno-compactes qui alternent avec des marnes renfermant du gypse et qui reposent sur le Sidérolitique.

Mollasse à gypse.

De très-anciennes tentatives d'exploitation ont naturellement attiré l'attention des géologues, qui ont bien fixé le niveau de cette Mollasse à gypse, mais ont négligé de le poursuivre là où elle est rudimentaire ou ne contient pas de gypse.

La Mollasse à gypse étant entre deux couches d'eau douce, si elle manque ou est méconnue, ces deux niveaux d'eau douce peuvent être confondus en un seul; c'est ce qui est arrivé.

Par ses éléments minéralogiques la Mollasse à gypse contraste avec les autres couches tertiaires au milieu desquelles elle se trouve. C'est une mollasse grise, sableuse, très-calcarifère, qui rappelle un peu certaines mollasses miocènes. Le long du Jura elle est plus marneuse. Elle fait biseau vers le pied de cette chaîne de montagnes. On la cite sur plusieurs points des basses vallées de la Suisse et de la Savoie.

Un gisement important, qui a été en exploitation, est celui d'Epilly, au ravin qui jette ses eaux dans les Usses en face de Châtel. Dans cette localité le gypse forme dans la mollasse un réseau de nombreuses petites couches ou veines blanches, fibreuses, généralement tracées suivant la stratification, mais coupant quelquefois les strates obliquement pour se rejoindre, se croiser, se bifurquer de la façon la plus capricieuse. Il y a çà et là des rognons ou lentilles mélangées de marnes et de mollasse. Cette description s'applique à tous les gisements connus, ce qui implique une identité de formation.

En allant vers les Alpes, la Mollasse à gypse perd ses caractères et prend un faciès alpin bleuâtre et verdâtre.

Quant à son âge géologique, elle est plus récente que le Gypse de Paris, puisque les fossiles de celui-ci se trouvent dans notre Sidérolitique.

Le gypse paraît s'être formé après le dépôt de la mollasse, comme si la concentration d'eaux marines avait laissé par places des résidus

salins dont l'élément le plus insoluble aurait cristallisé dans les sables et les marnes. Cela concorde bien avec le faciès plutôt marin que lacustre de la Mollasse à gypse. Quelque oscillation du sol aurait alors envoyé un flot marin des Alpes jusqu'au pied du Jura. Il y aurait sur ce point encore à rechercher quelles peuvent être les relations des terrains tertiaires de la plaine avec ceux des Alpes.

Deuxièmes couches d'eau douce.

Dans le voisinage du Jura c'est au-dessus de la Mollasse à gypse qu'on rencontre le plus souvent des couches à fossiles d'eau douce. Ce sont des calcaires marneux et des marnes en petits bancs et en feuillets schisteux, ayant assez le caractère de dépôts lacustres, mais s'intercalant de plus en plus de couches gréseuses et micacées, en allant vers les Alpes, où ils prennent de plus en plus le faciès alpin et finissent même par disparaître au milieu des grès sableux et micacés qui leur sont associés. Il semble donc que des lagunes ou golfes s'avançaient vers le Jura, pénétraient dans les sinuosités du bord jurassique, et recevaient à la fois, par les rivières affluentes, les coquilles terrestres et fluviatiles et les sédiments calcaires.

Les couches d'eau douce en question n'ont que quelques mètres d'épaisseur à Epilly et dans la vallée des Usses; elles sont rudimentaires et font biseau au pied du Jura, comme on le voit bien dans les ravins près de Pyrimont et de Seyssel.

Des lignites, ou plutôt de petites couches charbonneuses noirâtres et brunâtres, souvent d'une odeur fétide qui n'est pas celle de l'asphalte, se montrent çà et là dans la partie supérieure du petit groupe qui nous occupe.

Les fossiles sont rares. Ce sont des Planorbes, une petite *Helix*, des graines de *Chara*, parmi lesquelles on distingue assez bien le *Chara Escheri*, Brong.

Grès feldspathique.

Au-dessus des couches précédentes, et toujours en discordance assez marquée de stratification, viennent quelques feuillets ou lentilles d'un grès brunâtre, micacé, très-rudimentaire le long du pied du Jura méridional, mais devenant plus constant et visiblement feldspathique en s'éloignant vers les Alpes ; les granules de feldspath sont cependant dans un état de décomposition très-avancé et ne forment plus que de petites taches de kaolin ferrugineux ou d'argile pulvérulente. Or, les sédiments feldspathiques ne peuvent venir que des Alpes.

Serait-ce ici le niveau du grès à feuilles de Mornex, de celui d'Archamp à l'ouest du Salève? Alors quelle serait la relation de ces grès avec les couches du terrain nummulitique?

Deuxième Mollasse rouge.

Il s'agit ici de la Mollasse rouge proprement dite, c'est-à-dire de celle qui est le plus fréquemment citée dans les publications géologiques. Elle n'a pas besoin d'être longuement décrite ; c'est la Mollasse rouge de Lausanne, du cours du Vengeron, d'Hermance et de Cologny au bord du Léman, de la colline de Montoux au nord du Salève, etc.

La mollasse rouge en question est bien près de la terminaison d'une époque géologique, celle des Mollasses inférieures, car elle précède de peu les Mollasses marines miocènes. Il y a donc lieu d'insister sur la séparation des deux Mollasses rouges dans le groupe des Mollasses inférieures.

La deuxième Mollasse rouge présente partout une stratification régulière et a un faciès marin plutôt que lacustre. C'est une série composée de très-nombreuses et très-uniformes alternances de divers grès marneux ou argileux, micacés, et de marnes pures ou gréseuses. Les couleurs de ces couches sont des plus variées et alternent un grand nombre de fois, ce qui produit un aspect rubané particulier, que l'on ne retrouve pas dans les autres assises tertiaires. Le rouge domine ordinairement dans le bas, le violet au milieu, le bleu et le gris dans le haut. Il y a aussi des couches jaunâtres ou verdâtres, ou presque blanches. En allant vers les Alpes la teneur en calcaire diminue, les grès dominent de plus en plus et offrent quelques lits de charriage à la base. Cette mollasse rouge fait biseau vers le Jura. Les fossiles paraissent y faire défaut. Il semble qu'il y ait eu ici une réminiscence du Sidérolitique dans les causes et les effets.

A la Perte-du-Rhône, au-dessus de deux ou trois bancs de grès superposés aux sables du Sidérolitique, c'est-à-dire au-dessus de la lacune du groupe du Gypse, viennent 30 à 40 mètres de couches rubanées, connues sous la dénomination de *Marnes bigarrées,* et qui sont sur le niveau de la Mollasse rouge qui nous occupe ; cela devient évident quand on poursuit la série vers le sud le long du Rhône.

Troisièmes couches d'eau douce.

L'idée ancienne de supposer que toutes les mollasses du bassin de Genève sont de formation d'eau douce, paraît avoir été suggérée surtout par la manière dont se termine la mollasse rouge que nous venons de décrire. Cette mollasse rouge a cependant un faciès marin. Si elle est surmontée sur quelques points par des marnes et des calcaires marneux renfermant des coquilles fluviatiles ou terrestres, ou des lits charbonneux et des lignites, c'est que la mer a été remplacée par des lagunes ou de petits lacs dans le voisinage du Jura.

Dans le bassin du Rhône et des Usses des érosions se sont produites sur ces dernières couches d'eau douce et ligniteuses. Alors, au-dessus d'une ligne de séparation bien marquée par des discordances de stratification et quelquefois par des lits de galets ou de mollasse grumeleuse, viennent les assises sableuses de la Mollasse marine miocène.

C'est au niveau qui nous occupe que se trouvent en plus grande abondance et sur de plus vastes espaces des fossiles d'un caractère lacustre et fluviatile bien marqué, tels que *Unio, Cyclas, Planorbis, Cypris, Lymnœa, Helix,* graines de *Chara,* etc. On observe bien ces couches dans les ravins d'Epilly et de Seyssel-Savoie; vers Frangy les fossiles commencent à manquer, puis vient le faciès alpin qui en est privé tout à fait.

Un bon type est au pont du Vengeron, près de Genève.

Mollasse calcaire grumeleuse.

Il s'agit ici de petites couches très-inconstantes, à la fois mollassiques et grumeleuses, très-calcarifères, d'un caractère riverain et lacustre évident, qu'on ne trouve que le long du pied du Jura. Ailleurs il y a à leur place une notable discordance de stratification par érosion des couches précédentes. C'est ici qu'il faudrait placer, pour l'Est de la France, la séparation de l'Éocène et du Miocène. Vers les Alpes, la couche en question n'existant pas, la continuité des dépôts marins est plus probable, c'est-à-dire que la séparation des deux époques y serait moins marquée.

Le calcaire rognonneux qui plonge sous les eaux du lac de Genève au Vengeron, serait sur le niveau qui nous occupe.

Mollasses marines miocènes.

Ces mollasses sont bien connues. Elles ont une distribution géographique autre et plus grande que les Mollasses inférieures ; elles entourent le Jura et pénètrent dans l'intérieur du massif. La mer miocène a donc été envahissante.

Les éléments sédimentaires viennent en grande partie des Alpes et du Plateau central ; ils ont cheminé du sud au nord.

Il n'y a pas de changement radical entre la nature des Mollasses inférieures et celle des Mollasses miocènes ; la mer ne s'est donc pas substituée à un grand lac le long du Jura.

Voici les divisions que l'on peut faire dans les Mollasses miocènes :

Conglomérat local.

Le début des Mollasses miocènes est souvent marqué sur le pourtour et dans l'intérieur du Jura méridional par un conglomérat de roches

locales, produit de l'envahissement progressif de la mer. Le conglomérat local le mieux caractérisé est celui de Saint-Martin-de-Bavel, signalé depuis longtemps (1).

L'agitation causée par l'envahissement de la mer vers le Jura a dû aussi se produire de l'autre côté du bassin au pied des Alpes ; ce serait alors ici la place de ces nombreuses couches à la fois caillouteuses et mollassiques, auxquelles on applique plus particulièrement la dénomination de *Nagelfluhs ;* il s'agit ici seulement des Nagelfluhs moyennes, de celles de Vevey par exemple.

Mollasse bleue.

Cette dénomination convient aussi bien aux localités jurassiques qu'à celles des Alpes.

Les premières mollasses nettement marines du pied du Jura se continuent sans interruption jusque dans les mollasses marines sub-alpines qui succèdent au Flysch le plus supérieur ou à son prolongement dans les plaines. La grande masse des Mollasses marines miocènes débute partout par une mollasse bleue, qui n'offre que des franges et des biseaux vers le Jura, devient plus épaisse dans les basses vallées et prend une grande puissance vers les Alpes. Les fossiles sont relégués vers le Jura.

Ces considérations nous amènent à trouver dans les Alpes l'origine des éléments sédimentaires de cette mollasse bleue qui vient jusqu'au Jura. Beaucoup d'autres couches tertiaires, avec ou sans fossiles, se prêtent à la même interprétation.

La localité de Saint-Martin-de-Bavel, décrite dans la note précitée, est la plus favorable pour l'étude.

Les fossiles communs sont :

Turritella terebralis, Lam.,
Pecten scabrellus, Lam.,
— *scabriusculus* ?, Math.,
— *benedictus* ?, Lam.,
Venus,
Panopæa,
Ostrea squarrosa, M. de Serres,
Echinolampas scutiformis, Desm.,
Balanus,
Hornera striata, M.-Edw.,
Cellepora Supergiana, Mich.

Mollasse grise.

Entre la Mollasse bleue et le Grès coquillier dont il va être question, se place une mollasse grise, peu fossilifère en dehors du voisinage du Jura, mais continue et très-puissante dans les basses vallées et vers les Alpes. Les géologues suisses distinguent une Mollasse grise du pied

(1) *Note sur la Mollasse du département de l'Ain. Bull.*, 2e sér., t. XVI, p. 369 ; 1859.

des Alpes, qui tient, croyons-nous, la même place que celle-ci dans la série tertiaire.

La plupart des fossiles de la Mollasse bleue se retrouvent dans la Mollasse grise, celle-ci n'ayant partout qu'un caractère stratigraphique transitoire.

Grès coquillier.

C'est la couche fossilifère par excellence des Mollasses miocènes; c'est le *Muschelsandstein*. Il est en dehors de la région nummulitique des Alpes, entoure le Jura et pénètre dans l'intérieur du massif.

Le Grès coquillier est ordinairement constitué par des bancs solides où la matière arénacée est soudée par un ciment calcaire. Il est souvent surmonté de bancs également solides, mais moins fossilifères. Il résume le type minéralogique des Mollasses miocènes; on y trouve des éléments sédimentaires provenant à la fois des Alpes et du Plateau central. Ces matériaux semblent avoir cheminé du sud au nord.

Les fossiles principaux sont les suivants :

Pecten scabrellus, Lam.,
— *Nisus*, d'Orb. (*P. ventilabrum*, Goldf.),
— *laticostatus*, Lam.,
Lucina squamosa, Lam.,
Ostrea crispata, Goldf.,
— *palliata*, Goldf.,
Ostrea gryphoïdes, Schl. (*O. crassissima*, Lam.),
— *virginiana*, Gmel.,
— *squarrosa*, M. de Serres,
Balanus,
Dents de Poissons.

Mollasse sableuse.

La partie supérieure des Mollasses marines miocènes est moins consistante et forme des collines à pentes douces ou des abrupts à gradins. La dénomination de *mollasse* s'applique bien et plus particulièrement à sa structure à la fois sableuse et gréseuse. Son épaisseur est souvent considérable, et sa composition minéralogique la même que celle du Grès coquillier; seulement sa teneur en calcaire est plus grande, surtout dans le voisinage du Jura.

La Mollasse sableuse contient peu de fossiles, seulement quelques débris de Peignes, d'Huîtres, de Bryozoaires, des dents de Poissons, etc., de la faune précédente.

Les couches tertiaires s'arrêtent ici sur notre coupe du Rhône au lac d'Annecy. Ailleurs il vient au-dessus de la Mollasse sableuse des mollasses à lignites, à Mastodontes, etc., dont nous ne pouvons parler maintenant.

NUMMULITIQUE DES ALPES.

Jusqu'à présent on a confondu en un seul groupe ou étage géologique

toutes les couches qui renferment des Nummulites dans les Alpes, ou qui ont une faune tertiaire inférieure ; des couches stériles, des lignites en font partie; tout le système serait relégué dans les Alpes.

Dans ma note de 1860 (1) j'ai essayé d'indiquer quelques relations du Nummulitique avec les terrains tertiaires des basses vallées. Voici d'autres considérations.

Il faut séparer les *Calcaires nummulitiques* des *Grès nummulitiques,* parce qu'ils ne sont pas du même âge. En thèse générale, le Calcaire nummulitique accompagne presque toujours la Craie et lui succède dans le même bassin sédimentaire, tandis que le Grès nummulitique, plus récent, est transgressif et repose indifféremment sur tous les terrains précédents, même sur les roches cristallines dans quelques localités des Alpes centrales.

Des couches charbonneuses ou des lignites quelquefois exploitables sont çà et là en dessus ou en dessous des Calcaires nummulitiques, ce qui prouve que s'il n'y a qu'un seul niveau charbonneux, il y a au moins deux calcaires nummulitiques.

Ces Calcaires nummulitiques ont la même faune marine que les Sables du Soissonnais et le Calcaire grossier de Paris.

Les Grès nummulitiques se placent bien plus haut dans la série tertiaire. Ils ont la faune des Sables de Fontainebleau. Ils ont été précédés et accompagnés de mouvements orographiques assez marqués pour changer la distribution des mers et faire varier les faunes et les sédiments dans les régions jurassiques et alpines. Il est probable qu'entre le Jura et les Alpes les déplacements de la mer ont été progressifs et alternatifs.

Le Grès nummulitique et le Macigno alpin qui lui fait suite apparaissent dans les contreforts des Alpes comme le résultat d'un changement de régime dans la distribution et la nature des sédiments tertiaires, dans les courants marins et dans la provenance des matières sédimentaires. Si, comme il est probable, la mer du pourtour des Alpes déposait sur quelques points des couches très-semblables au Flysch, caractérisées peut-être par des Fucoïdes, l'invasion du Grès nummulitique et du Macigno alpin a interrompu cette formation sur certains points et a été terminale sur certains autres, le Flysch continuant de se déposer ensuite dans d'autres régions des Alpes. Or, ces changements dans la nature et la distribution des sédiments n'ont pu se faire sans avoir une influence lointaine, et nous devons chercher dans les Mollasses des vallées basses les prolongements et les modifications des couches tertiaires des Alpes.

(1) *Bull.*, 2e sér., t. XVII, p. 387.

Le Sidérolitique se poursuit jusque dans la région nummulitique des Alpes, en face du Jura méridional. Il n'est jamais sous le Calcaire nummulitique, mais toujours sous le Grès nummulitique, qui le remanie souvent, comme on le voit autour de la montagne d'Annecy-le-Vieux, par exemple. Or, le Sidérolitique ayant la faune du Gypse parisien, il vient se placer dans les Alpes entre le Calcaire nummulitique et le Grès nummulitique, ou Macigno, ou Grès moucheté, selon les différents noms que ces grès ont reçus. Donc ceux-ci doivent envoyer des représentants ou prolongements dans les Mollasses inférieures des basses vallées, sur les niveaux de la Mollasse à gypse, de la Mollasse rouge, groupes en quelque manière lardés de plusieurs sortes de grès dont les matériaux viennent des Alpes. S'il y a peu ou point de fossiles marins dans ces Mollasses inférieures de la plaine, c'est que les golfes et lagunes échelonnés du côté du Jura étaient probablement encore empoisonnés par des émanations délétères de la nature de celles de l'époque du Sidérolitique. C'est donc à tort que l'on considère, par exemple, toutes les Mollasses du bassin de Genève comme étant de formation d'eau douce, parce qu'on n'y a pas trouvé de fossiles marins, mais seulement, dans quelques couches très-restreintes, des coquilles fluviatiles et terrestres, des Tortues, des feuilles de végétaux, des lignites, etc.

Tout ce qui précède est soumis à la critique des géologues qui étudient les Alpes et le Jura.

M. Tombeck présente la note suivante :

Description des **Crustacés décapodes** *des étages* **néocomien** *et* **urgonien** *de la* **Haute-Marne**,

par M. Maurice **de Tribolet.**

Pl. XV.

L'étude de la faunule carcinologique des terrains crétacés inférieurs était complétement inconnue jusqu'à l'époque où Robineau-Desvoidy en fit connaître quelques débris du Néocomien de l'Yonne (1). Il y a deux ans, lors de la publication à nouveau du Catalogue des fossiles des environs de Neuchâtel (2), je fus amené à étudier quelques fragments de Crustacés qui avaient été simplement mentionnés par mon frère, M. Georges de Tribolet, en 1856 (3). Les matériaux que je reçus

(1) *Mém. sur les Crust. néocom. de Saint-Sauveur*, in *Ann. Soc. entomolog. de France*, 2ᵉ sér., t. VII, p. 95.

(2) *Journ. trimestr. Soc. Sc. nat. de Zürich*, t. XVIII, p. 193; 1873.

(3) *Bull. Soc. Sc. nat. Neuchâtel*, t. IV, p. 69.

zeux, de consistance mollassique, où les calcaires font généralement défaut. Quelques-unes de ces couches mollassiques bleuâtres et verdâtres sont évidemment formées d'éléments qui viennent des massifs alpins; or la mer existait alors vers les Alpes; donc ces premières couches des Mollasses inférieures sont marines, en grande partie du moins.

Du côté du Jura les couleurs vives persistent dans des couches alternantes, comme s'il y avait eu remaniement partiel et local du Sidérolitique.

La partie supérieure des couches qui nous occupent devient plus calcarifère le long du Jura, et on y rencontre souvent des schistes, des marnes, des calcaires marneux, ayant une odeur bitumineuse fétide, rappelant l'asphalte. C'est la place d'un certain calcaire fétide souvent cité par les géologues.

Certaines couches sableuses et perméables sont quelquefois imprégnées d'asphalte aux environs de Pyrimont, de Seyssel, de Frangy sur les Usses. Cette imprégnation a pu se faire pendant le dépôt ou postérieurement; l'asphalte a pu alors suinter abondamment des roches qui en étaient localement saturées; c'est là probablement la cause de cette fétidité si fréquente des couches de ce niveau géologique.

Grès micacés.

Il s'agit ici de couches étranges au milieu de celles qui les enclavent. La roche dominante est un grès calcarifère, mêlé de grès argileux, d'argiles presque pures et de calcaires gréseux, le tout très-micacé et mal stratifié, faisant contraste avec les couches qui sont en dessous et avec celles qui reposent par dessus. Les éléments sédimentaires viennent des Alpes; il y a donc des relations probables avec certaines couches du Nummulitique.

Ce petit groupe de grès micacés est toujours sous la Mollasse à gypse, dont il n'est séparé que par quelques marnes et calcaires marneux assez inconstants, où l'on trouve quelquefois les premiers fossiles d'eau douce.

Les Grès micacés font biseau vers le Jura, vers les montagnes de la Chautagne et du Vuache, comme on le voit bien dans les ravins de Seyssel-Savoie, d'Epilly, du Pont-Serrasson sur les Usses, etc. Leur faciès alpin, gris-verdâtre, micacé, fait un brusque contraste avec les couches à teintes vives qui sont en dessous. Dans la méthode stratigraphique, à défaut de fossiles, on s'aide de proche en proche de la nature minéralogique de la roche; ces investigations ont fait remarquer dans les Grès micacés quelques indices de plantes marines. Ce sont seulement des traces blanchâtres, très-courtes, souvent dichotomées, éparses dans la pâte verdâtre de la roche; dans certains lits

ces traces sont noirâtres ; elles semblent être des Fucoïdes. Des échantillons de ces grès mis à côté de certains échantillons du Flysch des Alpes paraissent assez semblables. Il n'en résulte pas que les deux roches soient absolument du même âge, bien qu'il y ait présomption de rapprochement. Ces apparences végétales, cette ressemblance lithologique prouvent seulement que la mer a pu s'étendre des Alpes jusqu'au pied du Jura pendant certaines périodes des premiers temps tertiaires. Il faut remarquer aussi que les plantes marines pullulent dans les eaux peu profondes ; des Fucoïdes ont donc pu se propager d'abord dans le voisinage du Jura dès que les émanations délétères de l'époque sidérolitique ont cessé, et ensuite se maintenir de station en station jusque dans les couches les plus supérieures du Flysch des Alpes de la Suisse.

Les Grès micacés se retrouvent dans le lit du Vengeron, près de Genève, en dessous de la Mollasse rouge proprement dite, butant par une faille ou un glissement oblique contre une masse d'argiles bigarrées qui fait probablement partie du Sidérolitique. M. Alph. Favre, dans son excellent ouvrage (1), conteste l'origine marine de ces grès, parce que l'*Helix rugulosa*, Ziet., a été trouvée dans cet endroit. Mais ce petit coquillage terrestre ne nous dit pas s'il est tombé dans un lac ou dans une lagune marine. A-t-il été recueilli dans les couches marneuses qui séparent les coins et biseaux des grès et qui ont un caractère riverain dû sans doute à des fluctuations alternatives d'eaux marines et d'eaux douces ? D'ailleurs, il y a peut-être à cet endroit deux grès superposés, discordants, enclavant quelques couches à fossiles d'eau douce seuls représentants du niveau du gypse.

Ce n'est pas par la ressemblance des roches que l'on peut classer des couches placées à de grandes distances ; la méthode stratigraphique n'est pas si simple que cela ; elle procède surtout horizontalement et de proche en proche. On peut donc croire que le démantèlement des immenses masses de schistes cristallins et de terrains anciens des Alpes a pu fournir des matériaux gréseux au Macigno alpin, des matériaux sableux plus fins aux Mollasses inférieures de la plaine, tandis que le Flysch se déposait longuement et uniformément dans la région des grandes Alpes de la Suisse.

Premières couches d'eau douce.

Elles sont toujours, dans le voisinage du Jura, sur les Grès micacés

(1) *Rech. géol. dans les parties de la Savoie, du Piémont et de la Suisse voisines du Mont-Blanc*, t. I, p. 231 ; 1867.

ou sur les couches plus inférieures, et sous la Mollasse à gypse. Il ne s'agit ici que d'un fait local, car des couches d'eau douce, des lignites, etc., ont pu se former ailleurs antérieurement.

Les couches en question sont très-inconstantes et composées de calcaires gris, bleuâtres ou verdâtres, argileux par feuillets, quelquefois micacés, en petits bancs.

Les fossiles sont très-rares; ce sont des débris de Planorbes et des graines de *Chara helicteres,* Brong. Cette espèce se retrouve dans le val de Délémont dans des calcaires marno-compactes qui alternent avec des marnes renfermant du gypse et qui reposent sur le Sidérolitique.

Mollasse à gypse.

De très-anciennes tentatives d'exploitation ont naturellement attiré l'attention des géologues, qui ont bien fixé le niveau de cette Mollasse à gypse, mais ont négligé de le poursuivre là où elle est rudimentaire ou ne contient pas de gypse.

La Mollasse à gypse étant entre deux couches d'eau douce, si elle manque ou est méconnue, ces deux niveaux d'eau douce peuvent être confondus en un seul; c'est ce qui est arrivé.

Par ses éléments minéralogiques la Mollasse à gypse contraste avec les autres couches tertiaires au milieu desquelles elle se trouve. C'est une mollasse grise, sableuse, très-calcarifère, qui rappelle un peu certaines mollasses miocènes. Le long du Jura elle est plus marneuse. Elle fait biseau vers le pied de cette chaîne de montagnes. On la cite sur plusieurs points des basses vallées de la Suisse et de la Savoie.

Un gisement important, qui a été en exploitation, est celui d'Epilly, au ravin qui jette ses eaux dans les Usses en face de Châtel. Dans cette localité le gypse forme dans la mollasse un réseau de nombreuses petites couches ou veines blanches, fibreuses, généralement tracées suivant la stratification, mais coupant quelquefois les strates obliquement pour se rejoindre, se croiser, se bifurquer de la façon la plus capricieuse. Il y a çà et là des rognons ou lentilles mélangées de marnes et de mollasse. Cette description s'applique à tous les gisements connus, ce qui implique une identité de formation.

En allant vers les Alpes, la Mollasse à gypse perd ses caractères et prend un faciès alpin bleuâtre et verdâtre.

Quant à son âge géologique, elle est plus récente que le Gypse de Paris, puisque les fossiles de celui-ci se trouvent dans notre Sidérolitique.

Le gypse paraît s'être formé après le dépôt de la mollasse, comme si la concentration d'eaux marines avait laissé par places des résidus

salins dont l'élément le plus insoluble aurait cristallisé dans les sables et les marnes. Cela concorde bien avec le faciès plutôt marin que lacustre de la Mollasse à gypse. Quelque oscillation du sol aurait alors envoyé un flot marin des Alpes jusqu'au pied du Jura. Il y aurait sur ce point encore à rechercher quelles peuvent être les relations des terrains tertiaires de la plaine avec ceux des Alpes.

Deuxièmes couches d'eau douce.

Dans le voisinage du Jura c'est au-dessus de la Mollasse à gypse qu'on rencontre le plus souvent des couches à fossiles d'eau douce. Ce sont des calcaires marneux et des marnes en petits bancs et en feuillets schisteux, ayant assez le caractère de dépôts lacustres, mais s'intercalant de plus en plus de couches gréseuses et micacées, en allant vers les Alpes, où ils prennent de plus en plus le faciès alpin et finissent même par disparaître au milieu des grès sableux et micacés qui leur sont associés. Il semble donc que des lagunes ou golfes s'avançaient vers le Jura, pénétraient dans les sinuosités du bord jurassique, et recevaient à la fois, par les rivières affluentes, les coquilles terrestres et fluviatiles et les sédiments calcaires.

Les couches d'eau douce en question n'ont que quelques mètres d'épaisseur à Epilly et dans la vallée des Usses; elles sont rudimentaires et font biseau au pied du Jura, comme on le voit bien dans les ravins près de Pyrimont et de Seyssel.

Des lignites, ou plutôt de petites couches charbonneuses noirâtres et brunâtres, souvent d'une odeur fétide qui n'est pas celle de l'asphalte, se montrent çà et là dans la partie supérieure du petit groupe qui nous occupe.

Les fossiles sont rares. Ce sont des Planorbes, une petite *Helix,* des graines de *Chara,* parmi lesquelles on distingue assez bien le *Chara Escheri,* Brong.

Grès feldspathique.

Au-dessus des couches précédentes, et toujours en discordance assez marquée de stratification, viennent quelques feuillets ou lentilles d'un grès brunâtre, micacé, très-rudimentaire le long du pied du Jura méridional, mais devenant plus constant et visiblement feldspathique en s'éloignant vers les Alpes ; les granules de feldspath sont cependant dans un état de décomposition très-avancé et ne forment plus que de petites taches de kaolin ferrugineux ou d'argile pulvérulente. Or, les sédiments feldspathiques ne peuvent venir que des Alpes.

Serait-ce ici le niveau du grès à feuilles de Mornex, de celui d'Archamp à l'ouest du Salève? Alors quelle serait la relation de ces grès avec les couches du terrain nummulitique?

Deuxième Mollasse rouge.

Il s'agit ici de la Mollasse rouge proprement dite, c'est-à-dire de celle qui est le plus fréquemment citée dans les publications géologiques. Elle n'a pas besoin d'être longuement décrite ; c'est la Mollasse rouge de Lausanne, du cours du Vengeron, d'Hermance et de Cologny au bord du Léman, de la colline de Montoux au nord du Salève, etc.

La mollasse rouge en question est bien près de la terminaison d'une époque géologique, celle des Mollasses inférieures, car elle précède de peu les Mollasses marines miocènes. Il y a donc lieu d'insister sur la séparation des deux Mollasses rouges dans le groupe des Mollasses inférieures.

La deuxième Mollasse rouge présente partout une stratification régulière et a un faciès marin plutôt que lacustre. C'est une série composée de très-nombreuses et très-uniformes alternances de divers grès marneux ou argileux, micacés, et de marnes pures ou gréseuses. Les couleurs de ces couches sont des plus variées et alternent un grand nombre de fois, ce qui produit un aspect rubané particulier, que l'on ne retrouve pas dans les autres assises tertiaires. Le rouge domine ordinairement dans le bas, le violet au milieu, le bleu et le gris dans le haut. Il y a aussi des couches jaunâtres ou verdâtres, ou presque blanches. En allant vers les Alpes la teneur en calcaire diminue, les grès dominent de plus en plus et offrent quelques lits de charriage à la base. Cette mollasse rouge fait biseau vers le Jura. Les fossiles paraissent y faire défaut. Il semble qu'il y ait eu ici une réminiscence du Sidérolitique dans les causes et les effets.

A la Perte-du-Rhône, au-dessus de deux ou trois bancs de grès superposés aux sables du Sidérolitique, c'est-à-dire au-dessus de la lacune du groupe du Gypse, viennent 30 à 40 mètres de couches rubanées, connues sous la dénomination de *Marnes bigarrées,* et qui sont sur le niveau de la Mollasse rouge qui nous occupe ; cela devient évident quand on poursuit la série vers le sud le long du Rhône.

Troisièmes couches d'eau douce.

L'idée ancienne de supposer que toutes les mollasses du bassin de Genève sont de formation d'eau douce, paraît avoir été suggérée surtout par la manière dont se termine la mollasse rouge que nous venons de décrire. Cette mollasse rouge a cependant un faciès marin. Si elle est surmontée sur quelques points par des marnes et des calcaires marneux renfermant des coquilles fluviatiles ou terrestres, ou des lits charbonneux et des lignites, c'est que la mer a été remplacée par des lagunes ou de petits lacs dans le voisinage du Jura.

Dans le bassin du Rhône et des Usses des érosions se sont produites sur ces dernières couches d'eau douce et ligniteuses. Alors, au-dessus d'une ligne de séparation bien marquée par des discordances de stratification et quelquefois par des lits de galets ou de mollasse grumeleuse, viennent les assises sableuses de la Mollasse marine miocène.

C'est au niveau qui nous occupe que se trouvent en plus grande abondance et sur de plus vastes espaces des fossiles d'un caractère lacustre et fluviatile bien marqué, tels que *Unio, Cyclas, Planorbis, Cypris, Lymnæa, Helix,* graines de *Chara,* etc. On observe bien ces couches dans les ravins d'Epilly et de Seyssel-Savoie; vers Frangy les fossiles commencent à manquer, puis vient le faciès alpin qui en est privé tout à fait.

Un bon type est au pont du Vengeron, près de Genève.

Mollasse calcaire grumeleuse.

Il s'agit ici de petites couches très-inconstantes, à la fois mollassiques et grumeleuses, très-calcarifères, d'un caractère riverain et lacustre évident, qu'on ne trouve que le long du pied du Jura. Ailleurs il y a à leur place une notable discordance de stratification par érosion des couches précédentes. C'est ici qu'il faudrait placer, pour l'Est de la France, la séparation de l'Éocène et du Miocène. Vers les Alpes, la couche en question n'existant pas, la continuité des dépôts marins est plus probable, c'est-à-dire que la séparation des deux époques y serait moins marquée.

Le calcaire rognonneux qui plonge sous les eaux du lac de Genève au Vengeron, serait sur le niveau qui nous occupe.

MOLLASSES MARINES MIOCÈNES.

Ces mollasses sont bien connues. Elles ont une distribution géographique autre et plus grande que les Mollasses inférieures ; elles entourent le Jura et pénètrent dans l'intérieur du massif. La mer miocène a donc été envahissante.

Les éléments sédimentaires viennent en grande partie des Alpes et du Plateau central ; ils ont cheminé du sud au nord.

Il n'y a pas de changement radical entre la nature des Mollasses inférieures et celle des Mollasses miocènes ; la mer ne s'est donc pas substituée à un grand lac le long du Jura.

Voici les divisions que l'on peut faire dans les Mollasses miocènes :

Conglomérat local.

Le début des Mollasses miocènes est souvent marqué sur le pourtour et dans l'intérieur du Jura méridional par un conglomérat de roches

locales, produit de l'envahissement progressif de la mer. Le conglomérat local le mieux caractérisé est celui de Saint-Martin-de-Bavel, signalé depuis longtemps (1).

L'agitation causée par l'envahissement de la mer vers le Jura a dû aussi se produire de l'autre côté du bassin au pied des Alpes; ce serait alors ici la place de ces nombreuses couches à la fois caillouteuses et mollassiques, auxquelles on applique plus particulièrement la dénomination de *Nagelfluhs;* il s'agit ici seulement des Nagelfluhs moyennes, de celles de Vevey par exemple.

Mollasse bleue.

Cette dénomination convient aussi bien aux localités jurassiques qu'à celles des Alpes.

Les premières mollasses nettement marines du pied du Jura se continuent sans interruption jusque dans les mollasses marines sub-alpines qui succèdent au Flysch le plus supérieur ou à son prolongement dans les plaines. La grande masse des Mollasses marines miocènes débute partout par une mollasse bleue, qui n'offre que des franges et des biseaux vers le Jura, devient plus épaisse dans les basses vallées et prend une grande puissance vers les Alpes. Les fossiles sont relégués vers le Jura.

Ces considérations nous amènent à trouver dans les Alpes l'origine des éléments sédimentaires de cette mollasse bleue qui vient jusqu'au Jura. Beaucoup d'autres couches tertiaires, avec ou sans fossiles, se prêtent à la même interprétation.

La localité de Saint-Martin-de-Bavel, décrite dans la note précitée, est la plus favorable pour l'étude.

Les fossiles communs sont :

Turritella terebralis, Lam.,
Pecten scabrellus, Lam.,
— *scabriusculus* ?, Math.,
— *benedictus* ?, Lam.,
Venus,
Panopœa,
Ostrea squarrosa, M. de Serres,
Echinolampas scutiformis, Desm.,
Balanus,
Hornera striata, M.-Edw.,
Cellepora Supergiana, Mich.

Mollasse grise.

Entre la Mollasse bleue et le Grès coquillier dont il va être question, se place une mollasse grise, peu fossilifère en dehors du voisinage du Jura, mais continue et très-puissante dans les basses vallées et vers les Alpes. Les géologues suisses distinguent une Mollasse grise du pied

(1) *Note sur la Mollasse du département de l'Ain. Bull.*, 2e sér., t. XVI, p. 369; 1859.

des Alpes, qui tient, croyons-nous, la même place que celle-ci dans la série tertiaire.

La plupart des fossiles de la Mollasse bleue se retrouvent dans la Mollasse grise, celle-ci n'ayant partout qu'un caractère stratigraphique transitoire.

Grès coquillier.

C'est la couche fossilifère par excellence des Mollasses miocènes; c'est le *Muschelsandstein*. Il est en dehors de la région nummulitique des Alpes, entoure le Jura et pénètre dans l'intérieur du massif.

Le Grès coquillier est ordinairement constitué par des bancs solides où la matière arénacée est soudée par un ciment calcaire. Il est souvent surmonté de bancs également solides, mais moins fossilifères. Il résume le type minéralogique des Mollasses miocènes; on y trouve des éléments sédimentaires provenant à la fois des Alpes et du Plateau central. Ces matériaux semblent avoir cheminé du sud au nord.

Les fossiles principaux sont les suivants :

Pecten scabrellus, Lam.,
— *Nisus*, d'Orb. (*P. ventilabrum*, Goldf.),
— *laticostatus*, Lam.,
Lucina squamosa, Lam.,
Ostrea crispata, Goldf.,
— *palliata*, Goldf.,
Ostrea gryphoïdes, Schl. (*O. crassissima*, Lam.),
— *virginiana*, Gmel.,
— *squarrosa*, M. de Serres,
Balanus,
Dents de Poissons.

Mollasse sableuse.

La partie supérieure des Mollasses marines miocènes est moins consistante et forme des collines à pentes douces ou des abrupts à gradins. La dénomination de *mollasse* s'applique bien et plus particulièrement à sa structure à la fois sableuse et gréseuse. Son épaisseur est souvent considérable, et sa composition minéralogique la même que celle du Grès coquillier; seulement sa teneur en calcaire est plus grande, surtout dans le voisinage du Jura.

La Mollasse sableuse contient peu de fossiles, seulement quelques débris de Peignes, d'Huîtres, de Bryozoaires, des dents de Poissons, etc., de la faune précédente.

Les couches tertiaires s'arrêtent ici sur notre coupe du Rhône au lac d'Annecy. Ailleurs il vient au-dessus de la Mollasse sableuse des mollasses à lignites, à Mastodontes, etc., dont nous ne pouvons parler maintenant.

NUMMULITIQUE DES ALPES.

Jusqu'à présent on a confondu en un seul groupe ou étage géologique

M. Dollfus fait la communication suivante :

Note géologique sur les terrains **crétacés** *et* **tertiaires** *du* **Cotentin,**

par M. G. **Dollfus.**

La note que j'ai l'honneur de présenter à la Société est le résumé d'un travail détaillé, poursuivi depuis deux années avec la collaboration éclairée de M. E. Vieillard, Ingénieur des Mines à Caen, travail qui vient de paraître dans le *Bulletin de la Société linnéenne de Normandie.*

Les résultats auxquels nous sommes arrivés, M. Vieillard et moi, ont été : d'une part, la confirmation de beaucoup d'anciennes observations de MM. Desnoyers et de Caumont ; de l'autre, la découverte de faits nouveaux et l'établissement de rapprochements paléontologiques qui intéresseront spécialement ceux qui s'occupent de la distribution des anciennes mers.

L'ensemble que nous avons étudié est très-bien délimité : c'est une série géologique isolée, localisée dans un espace géographique très-restreint, qui est situé à la base de la presqu'île du Cotentin, vers le milieu du département de la Manche.

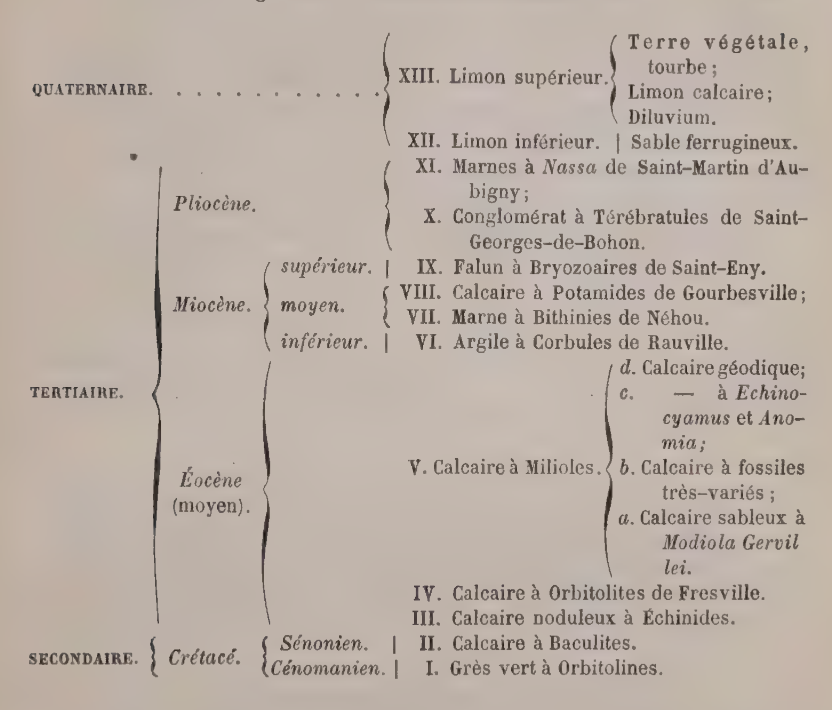
Les formations crétacées et tertiaires reposent, en gros, à l'ouest sur le Silurien et le Dévonien, au nord et au sud sur le Trias, à l'est sur le Lias, qui est le plus récent des terrains formant le sous-sol du bassin.

L'étendue où apparaissent les couches crétacées et tertiaires peut se diviser en deux régions naturelles : celle du sud, que nous nommons *bassin de Carentan* et qui renferme les dépôts les plus récents ; celle du nord, dite *bassin d'Orglandes,* qui comprend les dépôts les plus anciens. C'est cette dernière que nous avons le plus étudiée.

Le bassin sud est limité : à l'est par la Taute, à l'ouest par la Sève, au sud par le relèvement du Trias vers Périers, au nord par les marais de Carentan. Le bassin nord est borné : à l'ouest et au sud par la Douve, à l'est par le Merderet, au nord par le relèvement du Lias et du Trias qu'on observe au sud de Valognes.

Le pays est bas (les cotes les plus élevées ne dépassent pas 35 mètres au-dessus du niveau moyen de la mer), très-plat, très-coupé de haies et de marécages ; les observations géologiques y sont par conséquent difficiles. Ajoutons que les couches crétacées et tertiaires sont peu puissantes, très-morcellées, ravinées et recouvertes par un diluvium général surmonté d'un épais limon.

Nous avons distingué les formations suivantes :



QUATERNAIRE.			XIII. Limon supérieur.	Terre végétale, tourbe ; Limon calcaire ; Diluvium.
			XII. Limon inférieur.	Sable ferrugineux.
TERTIAIRE.	*Pliocène.*		XI. Marnes à *Nassa* de Saint-Martin d'Aubigny ;	
			X. Conglomérat à Térébratules de Saint-Georges-de-Bohon.	
	Miocène.	*supérieur.*	IX. Falun à Bryozoaires de Saint-Eny.	
		moyen.	VIII. Calcaire à Potamides de Gourbesville ;	
			VII. Marne à Bithinies de Néhou.	
		inférieur.	VI. Argile à Corbules de Rauville.	
	Éocène (moyen).		V. Calcaire à Milioles.	*d.* Calcaire géodique ; *c.* — à *Echinocyamus* et *Anomia ;* *b.* Calcaire à fossiles très-variés ; *a.* Calcaire sableux à *Modiola Gervillei.*
			IV. Calcaire à Orbitolites de Fresville.	
			III. Calcaire noduleux à Échinides.	
SECONDAIRE.	*Crétacé.*	*Sénonien.*	II. Calcaire à Baculites.	
		Cénomanien.	I. Grès vert à Orbitolines.	

Je ne discuterai pas la classification que nous avons adoptée ; d'autres plus modernes eussent peut-être mieux rendu notre pensée, mais elles sont encore d'un usage trop peu général pour que nous ayons cru devoir nous y rallier ; chacun pourra du reste facilement reconnaître, d'après les assimilations des faunes, la place des horizons dont il sera question.

TERRAIN CRÉTACÉ.

I. *Grès vert à Orbitolines.*

Ce terrain, reposant sur le Lias ou sur le grès silurien, est surmonté, dans la plupart des points où il est visible, par le Calcaire à Baculites ; cependant au hameau Beauvais, sur Gourbesville, il est recouvert directement par le Calcaire grossier. Nous connaissons le Grès vert sur les communes de Chef-du-Pont, Amfreville, Fresville, Gourbesville, Rauville, c'est-à-dire spécialement dans la région est du bassin d'Orglandes.

C'est une roche de 4 à 5 mètres de puissance, formée d'un grès

grossier glauconieux, micacé, quelquefois sableux et d'autres fois silicifié et endurci. Cette silicification, postérieure au dépôt, est antérieure à la formation du Calcaire à Baculites ; car on rencontre des galets de Grès vert silicifié à la base de ce Calcaire.

Nous insistons sur l'individualité du Grès vert à tous les points de vue, quelques auteurs étant portés à y voir un simple faciès du Calcaire à Baculites : la nature minéralogique, l'étendue géographique, la faune, tout est à nos yeux absolument différent.

Les fossiles sont peu abondants et mal conservés : nous avons reconnu cependant :

Serpula,
Turritella,
Inoceramus (fragments),
Janira quinquecostata?, Sow. sp.,
Ostrea columba, Lam. sp., var. *minor*, d'Arch.,
Ostrea columba, Lam. sp., var. *minima*, d'Arch.,
Rhynchonella Lamarckiana, d'Orb.,
Orbitolina concava, Lam. sp.

Les Huîtres et les Orbitolines sont les espèces les plus nombreuses. C'est la faune réduite, mais évidente, des Grès du Maine ; nous ne doutons pas en effet que cette formation, dont on peut suivre les lambeaux jusqu'au sud de Caen, au Plessis-Grimoult, n'ait atteint le Cotentin à l'époque de la Craie glauconieuse supérieure.

II. *Calcaire à Baculites.*

Le Calcaire à Baculites, d'une puissance moyenne de 15 à 20 mètres, repose aussi bien sur les grès siluriens, les schistes dévoniens, les grès triasiques et le Lias, que sur le Grès vert. Il est surmonté normalement par le Calcaire noduleux éocène dans l'est de la région d'Orglandes, tandis qu'il supporte à l'ouest les diverses assises du Calcaire à Milioles ; enfin, à Picauville le Falun miocène semble lui être immédiatement supérieur.

Le Calcaire à Baculites du Cotentin est caractérisé généralement à la base par un poudingue de 20 à 30 centimètres d'épaisseur, fossilifère comme les bancs supérieurs, dont la pâte est un calcaire sableux, jaunâtre, et les galets des fragments de grès silurien remaniés du Trias, mêlés à des débris de roches anciennes variées.

La masse principale est formée par des alternances de bancs calcaires jaunes, durs, compactes, et de lits sableux plus blanchâtres, désagrégés. Au sommet on remarque une zone endurcie, silicifiée, moins fossilifère.

Nous connaissons le Calcaire à Baculites sur les communes de Chef-

du-Pont, Picauville, Amfreville, Fresville, Orglandes, La Bonneville, Rauville, Golleville, Crosville, Sainte-Colombe, Néhou. Dans ces trois dernières localités, les exploitations, entièrement comblées, ne présentent plus que des traces de cette formation intéressante, une des plus développées de toutes celles que nous avons eu à étudier.

La faune connue aujourd'hui s'élève à 300 espèces environ ; 260 sont spécifiquement déterminées; elles indiquent le niveau de la Craie blanche supérieure, niveau où la *Belemnitella mucronata* est déjà rare et où les Brachiopodes de Ciply et de Maestricht apparaissent.

Les Bryozoaires sont extrêmement nombreux : Alcide d'Orbigny en cite 190 espèces, sur lesquelles il y a, il est vrai, de nombreux doubles emplois; nous en avons trouvé une cinquantaine, dont quelques-unes sont nouvelles.

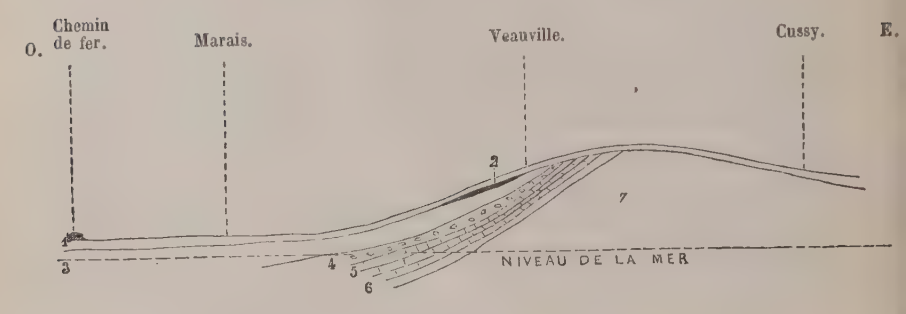
Parmi les fossiles les plus abondants nous signalerons :

Scaphites constrictus, d'Orb.,
Baculites anceps, Lam. (très-abondant),
Ammonites Gollevillensis, d'Orb.,
Clavagella Ligeriensis, d'Orb. (beaux moules avec le tube),
Trigonia echinata, d'Orb.,
Gervillia aviculoïdes, Sow. (*G. solenoïdes*, Defr.),
Inoceramus impressus, d'Orb.,
Spondylus spinosus, Sow. sp.,
Ostrea vesicularis, Lam.,
— *lateralis*, Nils.,
Trigonosemus recurvirostris, Defr. sp.,
— *elegans*, Defr. sp.,
Crania antiqua, Defr.,
— *Ignabergensis*, Retzius,
Thecidium papillatum, Bronn,
Caratomus avellana, Ag.,
Nucleolites coravium, Defr.,
Rhynchopygus Marmini, d'Orb.,
Pentacrinus Agassizi, v. Hag.,
Bourgueticrinus ellipticus, d'Orb.,
— *æqualis*, d'Orb.,
Eschara Arthemis, d'Orb.,
Spiropora antiqua, Defr.,
Multelea magnifica, d'Orb.,
Discoflustullaria clypeïformis, d'Orb.

La coupe suivante (fig. 1) donne une idée de la situation respective des couches crétacées et de leurs rapports avec le Jurassique et le Tertiaire; elle est prise de l'ouest à l'est, à travers le coteau de Veauville, sur la commune de Fresville, où la présence tout exceptionnelle de trois carrières nous a permis une étude stratigraphique complète. Les couches 2 et 4 plongent légèrement au nord-ouest; les autres paraissent horizontales, adossées aux précédentes et parfois très-ravinées.

Fig. 1. *Coupe du coteau de Veauville à Fresville.*

Échelle : longueurs, $\frac{1}{20\,000}$; hauteurs, $\frac{1}{2\,000}$.



1. Marais, et sur la colline limon.
2. Éocène moyen : Calcaire à Milioles, zone à *Modiola Gervillei.*
3. — — : Calcaire à Orbitolites.
4. — — : Calcaire noduleux.
5. Crétacé supérieur : Calcaire à Baculites.
6. — moyen : Grès à Orbitolines.
7. Lias moyen.

TERRAIN TERTIAIRE.

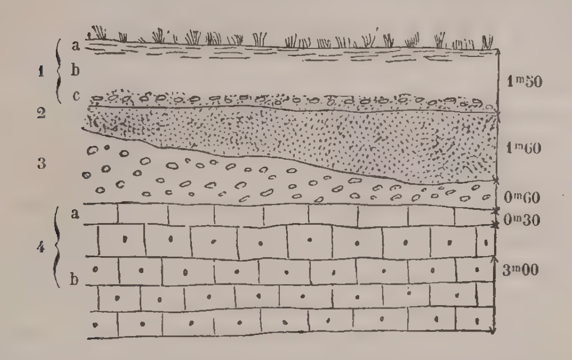
III. *Calcaire noduleux à Échinides.*

La position de cette assise à la base du terrain tertiaire de la Manche ne saurait être douteuse; car elle repose constamment sur le Calcaire à Baculites, et elle est toujours recouverte par le Calcaire à Orbitolites. Ses rapports avec ce dernier calcaire sont très-marqués au point de vue de la faune, mais un profond ravinement et une composition minéralogique distincte l'isolent suffisamment.

L'épaisseur moyenne du Calcaire noduleux peut être évaluée à 3 ou 4 mètres. C'est une roche très-irrégulière, formée de rognons ou amandes calcaires zonaires bien cimentés, d'une couleur d'un blanc rosé. La stratification n'est pas visible. Les fossiles sont toujours à l'état de moules, et les galets qui indiquent la base appartiennent à la Craie, au Silurien ou au Trias.

Nous ne connaissons le Calcaire noduleux qu'à Fresville, Orglandes, Reigneville, La Bonneville. Nous avons relevé dans la première de ces localités la coupe d'une carrière trop importante pour ne pas être citée (fig. 2) :

Fig. 2. *Carrière de Veauville, à Fresville.*



1. Quaternaire : *a*, terre végétale ; *b*, limon ; *c*, diluvium.
2. Tertiaire : calcaire fin, tendre, à Orbitolites.
3. — : calcaire noduleux, grossier.
4. Crétacé : *a*, calcaire siliceux, très-dur ; *b*, calcaire tendre, à Baculites.

Parmi les fossiles du Calcaire noduleux nous signalerons :

Lamna elegans, Ag.,
Oxyrrhina hastalis, Ag.,
Terebellum sopitum ?, Brand.,
Venus scobinellata, Lam. (moule et empreinte),
Cardium porulosum, Lam. (id.),
Corbis lamellosa, Lam. (id.),
Lucina concentrica ?, Lam. (moule et empreinte),
Chama calcarata, Lam. (id.),
Pygorrhynchus Desnoyersi, Des.,
Echinolampas Defrancei, Des.,
Periaster, n. sp.?

Les autres moules, assez nombreux, indiquent des Natices, des Cérithes, des Troques, des Pleurotomes, etc., un grand *Hipponix* et de nombreux bivalves. Nous rapprochons cette assise du Calcaire grossier inférieur de Paris.

IV. *Calcaire sableux à Orbitolites.*

Cette assise se compose d'une masse de 6 à 8 mètres d'un calcaire très-grenu, non stratifié, tendre, parfois arénacé, d'un blanc jaunâtre, renfermant en très-grande abondance des débris très-menus de coquilles, des Bryozoaires, des Foraminifères, etc. C'est un *falun*, d'après un terme fréquemment employé par les anciens auteurs. Séparé, à la base, du Calcaire noduleux par un ravinement, le Calcaire à *Orbitolites complanata* est isolé, au sommet, du Calcaire à Milioles par

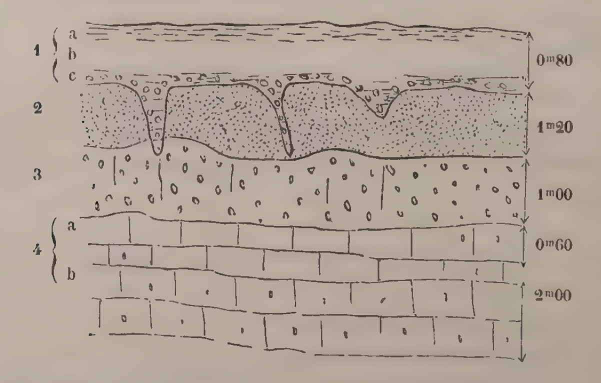
une faible dénudation, accompagnée d'un changement minéralogique notable, d'une modification paléontologique importante due à un exhaussement du pays, et d'une étendue géographique différente.

Le Calcaire à Orbitolites repose aussi par dénudation ou transgression sur le Grès vert, et est recouvert par l'Argile à Corbules, par la lacune du Calcaire à Milioles.

Nous connaissons le Calcaire à Orbitolites sur les communes de Fresville, Gourbesville, Orglandes, Hauteville, Reigneville, La Bonneville; il semble manquer vers Rauville et Néhou. A Croslay-sur-Orglandes, le Calcaire à Orbitolites apparaît avec un aspect agglutiné qui pourrait le faire confondre avec le Calcaire noduleux; mais l'examen de la faune rend toute confusion impossible. Enfin, dans certaines zones le Calcaire à Orbitolites ne renferme pas son fossile caractéristique; mais l'ensemble de la faune reste le même, bien caractéristique : Bryozoaires, Brachiopodes, Échinides, Foraminifères, forment un faciès qui prévient toute confusion.

Nous croyons bien faire en donnant une coupe exacte de la célèbre carrière de La Hougue (fig. 3), à Orglandes, où les assises tertiaires inférieures sont si particulièrement enchevêtrées les unes dans les autres, qu'il faut une grande habitude des localités bien nettes pour reconnaître les niveaux et juger que, malgré les ravinements et les pénétrations, chaque chose est à sa vraie place bien distincte.

Fig. 3. *Coupe de la carrière de La Hougue, à Orglandes.*



1. Quaternaire : *a*, terre végétale ; *b*, limon brun ; *c*, diluvium argileux, avec très-nombreux fossiles remaniés du Calcaire à Milioles.
2. Éocène moyen : calcaire rose, grenu, tendre, à Bryozoaires et Orbitolites.
3. — — : calcaire noduleux, dur, à *Lima* et Échinides.
4. Crétacé supérieur ; Calcaire à Baculites : *a*, banc siliceux très-dur.

La faune du Calcaire à Orbitolites renferme surtout :

Entomostracés variés,
Delphinula cornupastoris, Lam. sp. (*Cyclotrema*),
Cylichna Bruguierei, Desh. sp.,
Lima diastropha?, Desh.,
Pecten tripartitus, Desh.,
Terebratulina Putoni, Baud. sp.,
— *tenuilineata*, Baud. sp.,
Argiope cornuta, Desh.,
Scutellina elliptica, Ag.,
Echinocyamus pyriformis, Ag.,
Pygorrhynchus Desnoyersi?, Des.,
Vincularia fragilis, Defr.,
Idmonea coronopus, Defr.,
Hornera hippolyta, Defr.,
Lichenopora turbinata, Defr.,
Defrancia crispa, Defr. sp.,
Escharinella damæcornis, Mich. sp.,
Tubeschara bifurcata, Desm. sp. (*nov. gen.*, Houzeau),
Triloculina trigonula, Lam. (var. *gigas*),
Biloculina,
Quinqueloculina,
Spiroloculina,
Fabularia compressa, d'Orb.,
Alveolina elongata, d'Orb.,
Orbitolites complanata, Lam.,
Valvulina globularis, d'Orb.,
Rotalia Gervillei, d'Orb.

Cet ensemble rappelle surtout le faciès profond du Calcaire grossier moyen du Nord-Ouest du bassin de Paris.

V. *Calcaire grossier à Milioles.*

L'assise de calcaire grossier qui surmonte le Calcaire à Orbitolites est la plus puissante et la plus générale des assises tertiaires du Cotentin. Nous avons cru pouvoir la diviser en quatre zones bien caractérisées, trop liées entre elles pour avoir la valeur d'une assise comme le Calcaire noduleux ou le Calcaire à Orbitolites, mais susceptibles cependant d'être étudiées séparément dans les différents points du bassin d'Orglandes ; ce sont :

d. Zone à calcaire géodique et impur de Néhou ;
c. — à *Echinocyamus Altavillensis* et *Anomia tenuistriata ;*
b. — à fossiles très-variés ; falun d'Hauteville ;
a. — à *Modiola Gervillei* et Polypiers.

Vers l'est, à Fresville, la couche inférieure, *a*, existe seule ; à Gourbesville toutes les zones apparaissent, quoique les parties supérieures soient peu développées ; à Orglandes et Hauteville l'assise *a* diminue, la partie *b* est la plus importante, *c* et *d* deviennent de plus en plus épais ; à Rauville l'assise *b* est fort réduite, *c* et *d* sont très-puissants. Dans l'ouest, à Néhou, *c* et *d* semblent exister seuls.

a. Zone inférieure à Modiola Gervillei.

C'est un calcaire sableux, de peu de puissance, sans bancs durs, à fossiles ferrugineux quelquefois très-brisés. Nous avons recueilli à Port-Bréhay, sur Gourbesville, dans un endroit où cette zone était bien nette, les espèces suivantes :

Borsonia nodularis, Desh.,
Delphinula conica, Lam.,
Cerithium unisulcatum, Lam.,
Neritopsis Defrancei, G. Dollf. *(n. sp.)*,
Teinostoma helicinoïdes, Desh.,
Phasianella turbinoïdes, Lam.,
— *princeps*, Defr.,
Turbo obtusalis, Baud.,
— *Baudoni*, Desh.,
Bifrontia marginata, Desh.,
Bulla conulus, Desh.,
Hipponix cornucopiæ, Defr.,
Venus scobinellata, Lam.,
Crassatella curata, Desh.,
Cardita calcitrapoïdes, Lam.,
Arca quadrilatera, Lam.,
Modiola Gervillei, Defr.,
Pentacrinus subbasaltiformis, Müll (articles roulés),
Turbinolia dispar, Defr.,
Sphenotrochus granulosus, Defr. sp.,
Dendracis Gervillei, Defr. sp.,
Litharæa Desnoyersi, M. Edw. et H.,
Stylocœnia monticulipora, Schw.,
— *emarciata*, Mich. sp.,
Axopora micropora, d'Orb. sp.,
Polytripes elongata, Defr.

b. Zone du Falun d'Hauteville.

Cette zone est formée d'alternances de bancs demi-solides et de bancs friables, toujours blanchâtres; elle n'est plus que très-difficilement visible aujourd'hui, et la riche faune dont on retrouve des spécimens dans toutes les collections n'apparaît qu'incomplète et médiocre. Nous avons dû étudier ce niveau surtout au Musée de Cherbourg, dans les séries de MM. de Gerville et Bonissent (1).

Les carrières sont partout comblées, et si nous sommes parfaitement sûrs de la présence de la zone *b* à Gourbesville, à Orglandes (plus bas que La Hougue), à Hauteville, il nous reste des doutes sur Néhou, où l'étude du terrain ne nous a presque rien appris. A Reigneville et Rauville ce sont des bancs plus solides, à grain très-fin, qui semblent beaucoup moins riches.

Nous ne citerons du Calcaire d'Hauteville que les fossiles suivants bien authentiques :

Mitra plicatella, Lam.,
Marginella ovulata, Lam.,
Ancillaria buccinoïdes, Lam.,
Terebellum sopitum, Brand.,
Pleurotoma filosa, Lam.,
Cerithium cornucopiæ, Sow.,
— *nudum*, Lam.,
— *piriforme*, Defr.,
Natica cæpacea, Lam.,
— *microglossa*, Desh.,
— *Parisiensis*, d'Orb.,
Pileolus Altavillensis, Defr. sp.,
Nerita tricarinata, Lam.,
Trochus crenularis, Lam.,
— *Altavillensis*, Defr.,
Delphinula conica, Lam.,

(1) Il semble résulter d'un ensemble de communications et de renseignements recueillis depuis la publication de notre livre, qu'une très-grande partie des mollusques que nous avons indiqués dans la zone *b* d'Hauteville, seulement d'après les collections, appartient réellement à la partie supérieure du Calcaire à Orbitolites. Si cette manière de voir se confirmait, il faudrait placer dans l'assise IV les fossiles de la zone *b* de l'assise V pour lesquels il n'est pas mentionné d'autre localité que Hauteville (H). Je me hâte d'ajouter que cette modification laisserait entière notre classification et nos assimilations. *(Note ajoutée pendant l'impression.)*

Delphinula Warnii, Defr.,
— *Gervillei*, Defr.,
Phasianella turbinoïdes, Lam.,
Bifrontia bifrons, Lam. sp.,
Etallonia Gervillei?, Desh.,
Emarginula elegans, Defr.,
Serpulorbis ornatus, Desh.,
Siliquaria millepeda ?, Desh.,
Venus scobinellata, Lam.,
Cardium aviculare, Lam.,
Corbis lamellosa, Lam.,
Corbis pectunculus, Lam.,
Lucina mutabilis, Lam.,
— *callosa*, Lam.,
— *concentrica*, Lam.,
Cardita imbricata, Lam.,
Pectunculus depressus, Desh.,
Arca obliquaria, Desh.,
— *quadrilatera*, Lam.,
Pecten plebeius, Lam.,
Terebratula bisinuata, Lam.

c. Zone à Echinocyamus Altavillensis *et* Anomia tenuistriata.

C'est un calcaire solide, en bancs tabulaires, exploités, comprenant quelques lits plus friables à faune spéciale. Sa puissance est de 4 à 5 mètres. Son étendue géographique est considérable ; car si nous ne l'avons constaté qu'à Gourbesville, Hauteville, Rauville, Sainte-Colombe, nous savons qu'il a été observé dans les localités intermédiaires par M. de Gerville, qui l'a distingué à cause de sa faune particulière.

On y rencontre surtout :

Cytherea subericynoïdes, Desh. (moule),
Cardium obliquum, Lam. (moule),
Lucina saxorum, Lam.,
Avicula Defrancei, Desh.,
Anomia tenuistriata, Desh ,
Scutellina nummularia, Ag.,
Echinocyamus Altavillensis, Ag.

d. Zone à calcaire impur, géodique, de Néhou.

Cette zone est formée de couches irrégulières d'un calcaire marneux, jaune, rouge ou verdâtre, dur ou fragile, caverneux, géodique, qui peut avoir 2 à 3 mètres à Hauteville et 5 mètres au moins à Néhou.

Sa faune est peu abondante, réduite à des empreintes de Cérithes et de Cardites, à des moules très-aplatis, méconnaissables. La cassure montre en général des Foraminifères qui sont ceux du Calcaire à Milioles et qui sont communs à toute l'assise V ; ce sont :

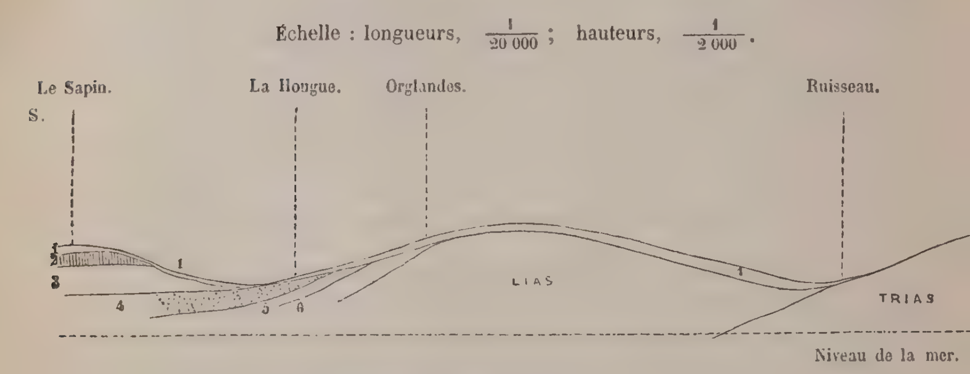
Triloculina trigonula, Lam. sp.,
Spiroloculina bicarinata, d'Orb.,
Biloculina ringens (rare), Lam. sp.,
Quinqueloculina sp. ?

Le contact supérieur du Calcaire à Milioles est très-exactement indiqué par un changement minéralogique complet : au-dessus des derniers bancs du Calcaire impur, apparaît en effet une argile noire, plastique ou sableuse, dont l'aspect contraste avec celui de toutes les autres couches que nous avons vues jusqu'ici ; c'est l'Argile à Corbules.

La coupe suivante (fig. 4) donnera une idée de cette disposition :

Fig. 4. *Coupe du coteau d'Orglandes.*

Échelle : longueurs, $\frac{1}{20\,000}$; hauteurs, $\frac{1}{2\,000}$.



1. Quaternaire : Limon.
2. Oligocène : Argile à Corbules.
3. Éocène moyen : Calcaire à Milioles.
4. — — : Calcaire à Orbitolites.
5. — — : Calcaire noduleux.
6. Crétacé supérieur : Calcaire à Baculites.

En résumé, dans le Calcaire à Milioles du Cotentin, les zones *a* et *b* forment une unité particulière, assez voisine du Calcaire à Orbitolites, et peuvent être classées au niveau du Calcaire grossier moyen de Paris, tandis que les zones *c* et *d*, autant par leur aspect minéralogique que par leur faune plus pauvre, se rapprochent nettement du Calcaire grossier supérieur et des Caillasses du bassin parisien.

VI. *Argile à Corbules.*

Cette assise, qu'on observe très-nettement partout au-dessus du Calcaire à Milioles, mais qui repose aussi, grâce à des ravinements ou à des lacunes sédimentaires, sur le Calcaire à Baculites ou sur le Trias, ne présente pas un contact supérieur aussi satisfaisant : toutes les formations que nous décrirons plus loin comme supérieures, sont placées à son égard de telle sorte que leur situation stratigraphique n'est pas positive.

La faune et la place géographique rendent cependant bien évidente la place de l'Argile à Corbules au milieu de la période tertiaire. C'est une masse généralement très-argileuse, plastique même, qui renferme en certains points des lits sableux bien fossilifères, et dont la puissance peut être évaluée à 3 ou 4 mètres.

Nous connaissons l'Argile à Corbules sur les communes d'Orglandes, Hauteville, La Bonneville, Rauville, où elle prend son plus grand développement, Néhou. Nous y assimilons une argile semblable, sans fossiles, visible à Amfreville et à Gourbesville. C'est-à-dire que géographiquement l'Argile à Corbules forme la ceinture interne du bassin du Calcaire grossier, dont les affleurements de la Craie ou du Trias marquent la ceinture externe.

C'est dans l'Argile à Corbules de Rauville-la-Place que M. Hébert a découvert le *Cerithium plicatum*. Nous avons rassemblé plus de 100 espèces de la même couche ; les deux tiers sont nouvelles. Parmi celles déjà connues, au nombre de 35, un tiers se rapporte à des espèces des Sables de Beauchamp ; les deux autres tiers se retrouvent dans les Sables de Fontainebleau. Nous sommes donc portés à voir dans l'assise argileuse du Cotentin un faciès marin du Gypse parisien ou du Calcaire de Brie. Nous citerons :

Mitra perminuta, Braun,
Buccinum Gossardi, Nyst, var.,
Typhis tubifer, Montf.,
Cerithium plicatum, Brug.,
— *trochleare*, Lam.,
— *tuberculosum*, Lam.,
— *mundulum?*, Desh. (Cuise),
— *cinctum*, Brug.,
Natica Combesi, Bayan,
Planorbis declivis, Braun,
Nematura pupa, Nyst sp.,
Tornatella sphæricula, Desh.,
Turbonilla scalaroïdes, Desh.,
— *Aonis*, d'Orb.,
Homalogyra Bayani, G. Dollf. (*n. sp.*),
Diastoma Grateloupi, d'Orb. (*D. costellatum*, var. ?),
— *inerme*, Desh. (*D. costellatum*, var. ?),
Lacuna eburnæformis, Sandb.,
Turritella fasciata, Lam.,
— *planospira*, Nyst,
Cœcum Edwardsi, Desh.,
Calyptræa labellata, Desh.,
Corbula subpisum, d'Orb.,
— *pixidicula*, Desh.,
— *secunda*, G. Dollf. (*n. sp.; C. angulata*, var.?), très-commune,
Lucina squamosa, Lam., var.,
Cyrena semistriata, Desh. (fragments brisés),
Cytherea Heberti, Desh.,
Cardium Defrancei, Desh.,
Mytilus denticulatus, Lam.,
Ostrea sonora, de Gerv.,
Turbinolia sulcata, Lam.,
Sphenotrochus Rœmeri, M.-Edw. et H.,
Dactylopora elongata, Defr. sp.,
Acicularia Pavantiana, d'Arch.

Les autres espèces indéterminées appartiennent aux genres : *Cythere, Balanus, Conus, Marginella, Murex, Cerithium, Trochus, Turbo, Rissoa, Dentalium, Cardita, Leda, Eschara, Miliola, Terebripora, Clionia*, etc.

VII. *Marnes à Bithinies; Lignites.*

Les couches à *Bithinia Duchasteli* sont peu puissantes (3 à 4^{m}) et très-localisées; elles n'apparaissent qu'au sud de Néhou, en deux ou trois points isolés sur les bords des marais de la Saudre.

Au Lude (commune de Saint-Sauveur-le-Vicomte), où le contact inférieur est appréciable, les Marnes à Bithinies reposent sur le Silurien et le Trias. A l'église de Néhou un épais limon masque toute relation stratigraphique avec l'Argile à Corbules, qui surmonte le Calcaire à Milioles à un niveau bien supérieur. Le dépôt d'eau douce à Bithinies se serait donc effectué (car ses couches sont horizontales) dans une vallée, un bas-fond marécageux de l'époque oligocène. Le Limon supérieur et le Diluvium forment le contact supérieur.

Les couches se composent : à la base, d'une double alternance d'argile verte fossilifère et de lignite stratifié ; au sommet, d'une autre alternance de la même argile verte avec un calcaire d'eau douce, très-cassant, friable, blanchâtre, peu fossilifère.

Les marnes renferment :

Melania inflata, Duch.,
Bithinia Duchasteli, Nyst,
Potamides,
Cyrena (fragments indéterminables) ;

Et les lignites :

Potamogeton thalictroïdes ?, Brongn.,
Anectomeria Brongniarti, Casp.,
Panax orbiculatum, Heer.

D'après cette faunule, on ne peut rapprocher les Marnes à Bithinies que du Calcaire de Brie ou des Sables de Vieux-Jonc, dans le Limbourg Belge, contemporains des Sables de Fontainebleau. Nous ne serions donc pas éloignés d'y voir un équivalent lacustre des Sables marins de Fontainebleau, tels que M. Tournouër les a décrits aux environs de Rennes, et qui paraissent faire défaut dans le Cotentin.

VIII. *Calcaires et Meulières à Potamides.*

Ce second dépôt d'eau douce est, comme le précédent, localisé en un seul point du bassin et privé de tout rapport stratigraphique avec le dépôt à Bithinies de Néhou. La place relative que nous lui avons assignée ne repose que sur l'examen de la faune et sur les assimilations que nous avons cru pouvoir établir.

Le Calcaire à Potamides apparaît seulement sur le plateau de Gourbesville, à l'est d'Orglandes. Il est placé très-nettement au-dessus du Calcaire grossier à Milioles ; mais ses relations avec l'Argile sans fossiles de cette région, que nous assimilons à l'Argile à Corbules, sont moins évidentes. Le contact supérieur est toujours le Limon.

L'assise à Potamides se compose de bancs énormes d'un calcaire caverneux, dur, souvent siliceux, d'un jaune rougeâtre, fossilifère, ayant de grandes analogies avec certaines couches lacustres supé-

rieures parisiennes. Une argile verte ou brunâtre, dépendant peut-être du Limon, a pénétré dans les fissures des bancs supérieurs et s'est séchée, en perdant de son volume, dans certaines cavités plus profondes.

On recueille dans les couches à Potamides :

Chara medicaginula, Brongn.,
Potamides Lamarcki, Brongn.,
Lymnæa Brongniarti, Desh.,
Bithinia sextonus, Lam. sp.,
— *helicella*, Braun,
Nematura pygmæa, Brongn. sp.

Cette faune est celle du Calcaire de Beauce, et on doit la considérer comme plus récente que celle des Marnes à Bithinies.

IX. *Falun à Bryozoaires.*

Les Faluns du Cotentin apparaissent au sud du bassin tertiaire d'Orglandes, sur la commune de Picauville, où ils sont superposés au Calcaire à Baculites et adossés au Lias ; mais ils sont surtout développés dans la partie ouest du bassin sud de Carentan, où ils forment le sous-sol d'une série tertiaire plus récente. Dans cette région le Trias est le soubassement général, et la série éocène semble faire entièrement défaut. Cette localisation géographique du dépôt à Bryozoaires exclut encore toute relation stratigraphique avec les terrains d'eau douce, et l'emploi de la Paléontologie est absolument nécessaire.

Le contact supérieur de l'assise à Bryozoaires est assez obscur et les opinions ont varié à cet égard. La situation géographique relative des dépôts pliocènes, qui sont à une altitude semblable, sans qu'aucun plongement soit appréciable, n'est pas suffisante ; et le Limon sableux inférieur, très-facile à confondre avec le Trias, est tout particulièrement épais et incommode pour les observations dans ce bassin.

Le Falun peut avoir 6 à 8 mètres d'épaisseur. C'est une roche calcaire, assez tendre, formée presque exclusivement de débris demi-fins, très-roulés, de Crustacés, de Mollusques, de Bryozoaires, d'Échinides, cimentés par une pâte blanchâtre, granuleuse. Certains bancs sont très-durs, d'autres tendres et caillouteux ; on y distingue alors des grains très-arrondis de quartz glauconieux et des débris de roches voisines. Le test des Gastéropodes et des Lamellibranches un peu plus entiers a toujours disparu. L'analogie avec les dépôts de Saint-Juvat et de Rennes, avec le faciès profond des Faluns de l'Ouest, est frappante.

On peut citer le Falun, dans le sud, sur les communes de Saint-Ény, Nay, Gorges, Saint-Germain-le-Vicomte.

La faune renferme surtout :

Lamna compressa, Ag.,
Balanus sulcatinus, Nyst,
Pecten pusio, Lam.,
Thecidea testudinaria, Mich[t].,
Rhynchonella miocœnica, Tourn. mss. (*R. Nysti*, Dav.?),
Crania Hœninghausi, Mich[t].,
Psammechinus monilis, Desm. sp.,
Crisia Hœrnesi, Reuss,
Salicornaria farciminoïdes?, Busk,
Cellepora parasitica, Mich.,
— *palmata*, Mich.,
Eschara pertusa, M. Edw.,
— *Deshayesi*, M. Edw.,
— *monilifera*, M. Edw.,
Hornera striata, M. Edw.,
— *reteporacea*, M. Edw.,
Meandrina cerebriformis, Mich[t].,
Defrancia fungicula, Mich. sp.,
Nubecularia Defrancei, G. Dollf. (*n. sp.*)

D'après cette liste l'assimilation avec le Miocène moyen, c'est-à-dire avec les Faluns de la Loire dont le rivage est à Pont-Levoy et les points profonds vers Doué et Rennes, n'est pas douteuse.

X. *Conglomérat à Térébratules des Bohons.*

Le gravier ferrugineux agglutiné de Saint-Georges-de-Bohon est un dépôt de 6 à 8 mètres de puissance, sans stratification, à fossiles roulés et d'une couleur rougeâtre toute spéciale. La plus grande partie des éléments de ce conglomérat a été empruntée au Trias. Il est très-dur en certains points et sableux dans d'autres.

On connaît le *Tuf à Térébratules* des anciens auteurs sur les communes de Saint-Georges et Saint-André-de-Bohon, Auxais, Saint-Eny, localités toutes situées à l'est du bassin de Carentan.

Le contact inférieur n'est point visible, mais nous supposons que le Conglomérat s'est déposé dans une dépression ou un ravinement du Falun à Bryozoaires. M. Bonissent a indiqué les Marnes à *Nassa* comme formant positivement le contact supérieur.

Nous avons pu déterminer les espèces suivantes :

Balanus circinatus?, Defr.,
Arca diluvii?, Lam.,
Pecten pusio, Lam.,
Ostrea edulis, Linné,
Crania anomala, Müll.,
Thecidea Mediterranea, Risso,
Terebratula grandis, Blum.,
Psammechinus Woodwardi, Des.,
Balanophyllia calyculata, S. Wood,
Sphenotrochus intermedius, M. Edw. et H.,
Flabellum Michelini, M. Edw. et H.,
Salicornaria sinuosa, Hass.,
Melicertites Charlesworthi, M. Edw.,
Retepora Beaniana, King,
Cellepora coronopus, S. Wood,
Hornera infundibulata, Busk,
— *striata*, M. Edw.,
Defrancia proligera, Busk.

Cet ensemble présente d'étroits rapports avec le Coralline-Crag d'Angleterre, qui est un dépôt profond. Nous pouvons donc conclure à une condition d'origine semblable. On peut constater aussi des

rapports frappants avec le faciès des Faluns de l'Ouest et avec la faune méditerranéenne actuelle des grands fonds. Il semble que le caractère bathymétrique du dépôt domine ici son caractère de stratigraphie géologique.

XI. *Marnes à* Nassa *de Saint-Martin-d'Aubigny.*

Nous avons peu à ajouter à ce qui a été dit par les anciens auteurs sur les Marnes à Buccins du Bosq d'Aubigny; MM. Deslongchamps, Hébert et Bell ont donné successivement des listes de plus en plus complètes de cette assise.

Les Marnes à *Nassa prismatica* sont connues sur les communes de Saint-Martin-d'Aubigny, Feugères, Marchesieux et Saint-Georges-de-Bohon. Elles existent vraisemblablement à Remilly et à Tribehou.

M. Bonissent les a vues superposées au Tuf à *Terebratula grandis;* elles sont recouvertes par le Limon supérieur, sans que leurs rapports avec le Limon inférieur sableux soient connus.

C'est une argile verdâtre, impure, pouvant avoir de 5 à 6 mètres d'épaisseur, et située à 2 mètres au plus d'altitude au-dessus du niveau actuel moyen de la mer.

La *Nassa prismatica,* Brocchi sp., abonde; les autres fossiles sont plus rares. De petits nodules calcaires, attribuables à une Algue, sont assez communs.

Le caractère le plus accusé de la faune du Bosq, qui renferme 50 % d'espèces vivantes, est sa tendance méridionale; c'est le Red-Crag supérieur d'Angleterre, avec 75 % d'espèces subapennines.

Nous n'avons pas besoin d'insister sur le caractère littoral du dépôt.

Nous y avons trouvé nous-mêmes :

Nassa prismatica, Brocc. sp.,
Cerithium scabrum, Olivi,
Ringicula buccinea, Desh.,
Natica millepunctata, S. Wood,
— *hemiclausa,* Sow.,
Calyptræa sinensis, Linné,
Mactra subtruncata, Montf.,
Nucula nucleus, Linné,
Cardium edule, Linné,
Ostrea edulis, Linné,
Baguettes d'*Echinocyamus.*

XII. *Quaternaire.*

Nous divisons les dépôts superficiels de la Manche en deux groupes : le groupe inférieur, composé d'un sable ferrugineux dit *Limon stérile;* le groupe supérieur, formé à la base par un lit de gravier dit Diluvium, à la partie moyenne par une masse de limon brun, calcaire, et au sommet par une couche altérée, la terre végétale.

I. Les sables ferrugineux du Limon inférieur sont presque exclusivement développés dans la région crétacéo-tertiaire. Ils sont assez fins, sans fossiles ni cailloux, d'une épaisseur variant de 2 à 10 mètres et peut-être davantage, et reposent indistinctement sur toutes les formations. Ils ont été profondément ravinés au sommet et remaniés par le Diluvium.

Ils se montrent surtout sur les communes d'Amfreville, Gourbesville, au sud d'Orglandes, Crosville, etc., sur le plateau de l'église de Néhou.

Nous serions portés à y voir une formation géologique étrangère au Quaternaire, si l'absence de corps organisés ne nous laissait dans une incertitude complète à cet égard.

II. 1° Le Diluvium du Limon supérieur est composé de cailloux roulés, empruntés en très-grande partie aux formations les plus voisines sous-jacentes, avec ossements de Ruminants contemporains empâtés dans une argile limoneuse ou sableuse, jaune ou rougeâtre, selon la nature du dépôt meuble le plus voisin.

L'étendue du Diluvium est très-considérable ; on peut le constater dans la Manche partout où les dénudations modernes ne l'ont point emporté. Il est plus mince sur les pentes et plus épais dans les fonds et les plateaux ; sa liaison avec le Limon propre est du reste intime.

2° Le Limon supérieur, limon fertile, est une sorte de boue d'un brun jaunâtre, terreuse, sans stratification et sans fossiles. Il existe partout dans la Manche et semble particulièrement épais dans la région qui nous occupe. Il y est surtout calcaire, qualité précieuse pour l'agriculture. Le Limon plonge sous les marais ; en quelques points cependant il a été entraîné et remplacé par de la tourbe.

3° La terre végétale, qui n'est que du limon altéré mêlé à des débris organiques, n'offre rien de particulier dans la Manche ; elle y forme la base des prairies artificielles qui y sont si grandement répandues.

En résumé, les terrains crétacés et tertiaires du Cotentin se composent de deux assises crétacées, séparées l'une de l'autre par une longue émersion, et d'une série tertiaire d'eau douce, comprise entre deux assises marines inférieures, Calcaire grossier et Marnes à Corbules, et trois assises marines supérieures, dont deux sont profondes, Falun et Crag à Térébratules, et une littorale, Marnes à *Nassa*.

Malgré les nombreuses lacunes à signaler, nous ne pensons pas qu'il existe en beaucoup de points, sur une surface aussi restreinte, un aussi grand nombre de formations diverses aussi variées, représentées d'une façon aussi nette.

Je termine en reproduisant un tableau où nous avons indiqué, sous

Tableau du synchronisme probable des couches tertiair

(Bull. Soc. géol. de France.)

DIVISIONS.			COTENTIN.	BASSIN DE LA LOIRE.	BASSIN DE
NÉOGÈNE.	Pliocène .	sup^r ..	Marnes à *Nassa* ...	...	...
		inf^r ..	Conglomérat à Térébratules.....	...	...
	Miocène..	sup^r ..	...	...	...
		moy^n .	Falun à Bryozoaires ...	Faluns de la Loire.......	...
		inf^r ..	...	Calcaire à *Helix*.........	...
PALÆOGÈNE.	Oligocène.	sup^r ..	Calcaire à Potamides ...	Calcaire de La Chaussaye.	Calcaire d'Étamp
		moy^n .	Marnes à Bithinies ...	Calcaire de Saint-Jacques.	Sables de Fontai
		inf^r ..	Argile à Corbules...	...	Gypse ...
	Éocène ..	sup^r ..	...	Grès à *Flabellaria*	Calcaire de Saint
			...	...	Sables de Beauc
		moy^n .	Calcaire géodique ...	...	Caillasses. calc.
			Calcaire à Milioles et Orbitolites.	Calcaire de Campbon	Calcaire grossier
			Calcaire noduleux ...	Calc. d'Arthon-Chémeré..	— —
		inf^r ..	...	...	Sables de Cuise.
			...	...	Lignites du Soiss
			...	...	Sables de Brach

toutes réserves, le synchronisme des dépôts de la Manche avec les autres dépôts tertiaires du versant nord de l'Europe, tableau dans lequel je me suis permis seulement quelques modifications personnelles de détail dans le groupement des assises.

M. **Daubrée** a entendu avec un vif plaisir, dans l'intéressante communication qui vient d'être faite, l'hommage si mérité que MM. Dollfus et Vieillard rendent à M. Desnoyers, l'un des savants fondateurs de notre Société. Les travaux géologiques de M. Desnoyers, qui remontent à près d'un demi-siècle, le caractérisent en effet comme un observateur d'une haute sagacité. Les services que cet homme éminent a rendus plus tard à d'autres branches des connaissances humaines ne peuvent enlever aux géologues le regret qu'il n'ait pas continué dans la voie où il avait débuté par plusieurs découvertes très-importantes, que le temps ne saurait faire oublier.

M. **Tournouër** présente les observations suivantes :

A l'occasion de l'important travail que M. Dollfus vient de présenter à la Société, et qui intéressera vivement tous ceux qui s'occupent de l'étude des terrains tertiaires, je ne veux faire que de très-courtes observations relatives à la question de la délimitation des mers à cette époque et dans cette partie de l'Europe occidentale.

Je veux rappeler seulement qu'ayant parlé, très-incidemment, des terrains tertiaires du Cotentin à la suite d'une note sur ceux des environs de Rennes en Bretagne (1), j'avais cru reconnaître un lambeau détaché des Faluns ou des Mollasses miocènes de l'Anjou dans le dépôt agglutiné à *Terebratula grandis* de Saint-Georges-de-Bohon, et j'en avais conclu que la mer miocène du bassin de la Loire avait pénétré jusque-là. MM. Vieillard et Dollfus, revenant au contraire à l'opinion de Lyell sur l'âge de ce dépôt, le rangent dans le Pliocène; et cette classification, fondée sur la comparaison de tous les autres affleurements du terrain tertiaire supérieur de la contrée et sur l'étude d'un plus grand nombre de fossiles que je n'en avais vu, me semble justifiée.

Mais en même temps MM. Dollfus et Vieillard placent, sans hésiter, dans la formation miocène d'autres lambeaux que je ne connaissais pas, à Picauville, à Saint-Eny, etc., et qui constituent leur étage du *Falun à Bryozoaires*. M. Dollfus a bien voulu me communiquer quelques fossiles et quelques fragments de roche de ces affleurements, et j'y trouve en effet une très-grande analogie pétrologique et paléontologique avec le Falun blanc des environs de Rennes et de Dinan : c'est le même aspect de roche, avec les mêmes Bryozoaires les plus carac-

(1) *Bull.*, 2e sér., t. XXV, p. 367; 1868.

téristiques, le même petit *Psammechinus monilis,* et les mêmes petits Brachiopodes, que je ne connaissais pas de ces gisements de Bretagne en 1868, mais qui m'ont été communiqués depuis par notre zélé confrère M. Lebesconte, de Rennes, c'est-à-dire : outre la *Terebratula grandis* et l'*Argiope Neapolitana?,* les mêmes *Thecidea testudinaria*, Michi, *Crania Hœninghausi*, Michi (= *C. abnormis,* Defr.?, *sec.* Davidson), et la même petite *Rhynchonella,* peut-être nouvelle (1). — La question reste donc toujours la même.

D'après ces affleurements de Saint-Eny et de Picauville, sinon d'après celui de Saint-Georges-de-Bohon, la mer falunienne de l'Anjou semble avoir pénétré, comme je le pensais, jusque dans le Cotentin, à travers la masse des terrains anciens de l'axe du Merlerault, et elle a pu se relier par là à la mer miocène de l'Allemagne du Nord.

Au contraire, pendant l'époque précédente, l'époque oligocène ou tongrienne, les bassins paraissent toujours avoir été séparés, comme je l'ai admis dans la note citée plus haut. Du moins, aucune observation de MM. Vieillard et Dollfus, qui ont reconnu ce groupe de terrains dans le Cotentin beaucoup plus complétement que leurs devanciers, ne paraît infirmer jusqu'à présent cette solution. Les dépôts tongriens de Rennes à *Natica crassatina* et *N. angustata,* avec leur faciès méridional, ne se sont pas encore retrouvés dans la presqu'île de la Manche; et quant aux *Argiles à Corbules,* dont l'âge paraît être d'ailleurs un peu plus ancien, les rapports de leur faune sont indiqués comme étant tout avec le bassin de Paris, soit avec les Sables de Beauchamp, soit avec ceux de Fontainebleau.

Enfin, quant à l'époque éocène, la question de la communication des bassins du Nord et du Sud-Ouest de la France ne pourra pas être éclaircie, tant que le groupe tertiaire des environs de Nantes, encore mal connu, n'aura pas été exploré et étudié de près, comme celui du Cotentin vient de l'être par MM. Vieillard et Dollfus.

M. **Hébert** fait remarquer que la Manche existait à l'époque tongrienne; on trouve en effet dans l'île de Wight et sur les côtes du Hampshire des dépôts littoraux du même âge que ceux du Cotentin. M. Hébert ajoute qu'il existe à Veauville, à côté de la ferme, une couche à Cérithes qui n'a pas été

(1) Cette curieuse petite Rhynchonelle miocène, dont plusieurs exemplaires, parfaitement conservés, m'ont été communiqués des Faluns de l'Anjou par M. l'abbé Bourgeois, et de ceux de Bretagne par M. Lebesconte, a été citée par M. Dollfus dans le Cotentin sous le nom manuscrit de *R. miocænica* qu'elle portait dans ma collection. Mais dans une note récente sur les Brachiopodes tertiaires de Belgique (1874), M. Davidson a fait connaître une petite *Rhynchonella Nysti,* du Crag d'Anvers, dont celle de nos faluns paraît être fort voisine. C'est une question d'identité à étudier.

signalée par M. Dollfus ; cette couche doit vraisemblablement être parallélisée avec le Calcaire grossier supérieur.

M. **Tournouër** fait observer, à propos du limon ferrugineux qui remplit les poches du calcaire de la carrière de La Hougue, près d'Orglandes, qu'il a trouvé dans ce limon particulier, où les fossiles semblent plutôt brisés et altérés que roulés, d'abondants fragments de grands *Cerithium tricarinatum* (variété inerme), espèce non citée par M. Dollfus, associés à bon nombre d'autres Cérithes du Calcaire grossier supérieur et à de nombreux exemplaires d'un grand Cérithe encore inédit, à tours nombreux, arrondis et ornés de deux rangs de tubercules, à peu près comme le *C. echinulatum,* Desh. M. Tournouër a déjà indiqué ce Cérithe, dans l'appendice à sa Note sur les terrains tertiaires des environs de Rennes, comme se trouvant à la fois dans le Cotentin et dans le Calcaire grossier supérieur des environs de Blaye à *Echinolampas Girondicus*, Matheron, *Rostellaria Boutillieri,* Bezançon, etc., et comme pouvant servir à la fixation de l'âge de ce calcaire. S'il le rappelle aujourd'hui, c'est qu'il ne connaissait pas alors, comme il le connaît maintenant, le gisement exact de ce fossile dans le Cotentin, et qu'il y a intérêt à savoir quel est l'âge précis que MM. Vieillard et Dollfus assignent à ce limon ferrugineux de La Hougue. — M. Tournouër demande aussi à M. Dollfus si la Pentacrine citée par lui a été trouvée avec les Cérithes, ces animaux n'ayant certainement pas vécu à la même profondeur.

M. **Dollfus** répond que la Pentacrine est toujours fortement roulée. Quant au limon rouge, on n'en peut fixer le niveau ; il renferme, en effet, des galets siluriens mêlés à des fossiles éocènes et oligocènes remaniés.

En réponse à une observation de M. **Daubrée**, M. **Dollfus** fait observer que le terrain éocène s'est déposé en couches sensiblement horizontales, dans des cuvettes de terrains plus anciens.

Les secrétaires analysent les notes suivantes :

*Le département de l'***Ain** *à l'époque* **quaternaire,** par M. **Tardy.**

Les glaciers, comme l'a fait connaître M. E. Benoît, qui a, le premier, déterminé dans l'Ain leur extension et leurs limites, ont couvert presque tout ce département des débris des Alpes. A l'époque de leur plus grande extension, à la fin de l'époque pliocène, puis au début de l'époque quaternaire, ils s'avançaient jusque sur le plateau de la Dombes, qui était alors soudé aux montagnes du Bugey. La profonde et large vallée de l'Ain, dans laquelle se développe le chemin de fer de Pont-d'Ain à Ambérieu, n'existait pas encore. Les montagnes avaient cependant leur orographie actuelle ; mais les eaux qui

s'écoulaient du Jura par les vallées de l'Ain et du Suran, tournaient alors, à partir de Pont-d'Ain, vers le nord, et passaient à Bourg; elles suivaient la vallée actuelle de la Reyssouse jusqu'à Pont-de-Vaux et à la Saône. En voyant leur lit entre Pont-d'Ain et Bourg, vers la station de La Vavrette, on se croirait sur le bord d'une des rivières des Alpes pendant la saison sèche.

C'est une large vallée, très-sinueuse, présentant des courbes à grands rayons, des îlots, des rives convexes à pente douce, des rives concaves à pente rapide. Dans la partie la plus en amont, qui n'a pu être altérée par les faibles ruisseaux des époques suivantes, le lit, formé de galets à peine recouverts d'une mince couche de végétation, présente encore cette série de cuvettes qui caractérise le lit des fleuves. C'est dans trois de ces cuvettes que se perdent, à travers dix mètres environ de galets, trois petits ruisseaux, qui alimentent ainsi un véritable courant souterrain dont les eaux reparaissent ensuite plus ou moins loin suivant leur niveau et leur abondance. Ce vieux lit, dans sa partie la plus en amont, a environ 260 mètres d'altitude, tandis que la rivière d'Ain n'est actuellement à Pont-d'Ain qu'à 230 mètres. Les eaux de l'Ain ont donc abaissé leur niveau de plus de 30 mètres, depuis l'époque où elles ont abandonné le vieux lit dont nous parlons, pour s'ouvrir un passage direct vers le Rhône, en séparant le plateau de la Dombes des montagnes du Bugey.

Cette rivière n'était du reste que la continuation d'un état de choses existant probablement depuis l'époque miocène, mais certainement depuis le début de l'époque pliocène, époque pendant laquelle se sont creusées les grandes vallées de la Bresse. C'est aussi vers cette époque qu'a dû s'accentuer le régime climatérique humide dont le paroxisme produisit vers la fin de l'époque pliocène la grande extension des glaciers.

C'est entre la première et la deuxième phase glaciaire quaternaire de ma classification publiée dans le *Bulletin* de 1872 (1), que s'est produite la grande érosion qui, entamant les formations quaternaires, pliocènes et miocènes, a séparé le plateau tertiaire de la Dombes du massif jurassique du Bas-Bugey.

A cette époque, la rivière d'Ain était alimentée par une série de glaciers propres au Jura et dont les moraines retiennent actuellement plusieurs des lacs du Jura et celui de Nantua. Le torrent sorti du glacier de Nantua (dont M. E. Benoît a découvert et décrit la moraine terminale de Nuvieux) déversait ses eaux dans un lac qu'il remblayait en partie. C'est sur ce remblai qu'est située la cité romaine d'Izer-

(1) *Bull.*, 2e sér., t. XXIX, p. 560.

nore. Le lac s'est desséché par suite de l'abaissement graduel du niveau de la rivière d'Ain.

Lors de la deuxième phase, cette rivière était peut-être encore alimentée sur sa rive droite, dans le département de l'Ain, par un petit glacier qui a formé une série de moraines dans la vallée d'Hautecour. C'est à cette époque que les glaciers de la vallée du Rhône s'arrêtaient d'abord à Lagnieu, puis aux environs de Belley.

Pendant la phase glaciaire suivante, la troisième, les glaciers du Rhône s'arrêtaient peut-être au Bouveret, et ceux du Jura, s'ils existaient encore, étaient relégués dans la haute chaîne qui borde la Suisse.

Depuis l'ouverture de la vallée directe de l'Ain entre la Dombes et le Bugey, l'Albarine a formé dans cette vallée, à Ambérieu, de puissants cônes de déjections, qu'elle a ensuite successivement ravinés, pour en reformer graduellement d'autres d'une moindre altitude et d'une moindre importance, à mesure de l'abaissement des eaux. Cet abaissement, au confluent de l'Oignon, qui vient d'Izernore et du lac de Nantua, doit avoir été considérable.

La partie montagneuse du département de l'Ain renferme aussi un grand nombre de dépôts de tuf formés par des sources calcaires qui coulent encore, mais faiblement. Ces dépôts, qui sont évidemment postérieurs aux glaciers, contiennent beaucoup d'empreintes de végétaux et des coquilles, telles que *Helix nemoralis*, d'une époque très-humide d'après M. Bourguignat, et d'autres encore.

Note sur le **Diluvium** *de la* **Haute-Tarentaise**; *preuves que les grands glaciers n'ont pas produit les grands cours d'eau,* par M. **de Chambrun de Rosemont.**

Dans les hautes vallées de la Tarentaise, il existe, le long de l'Isère et de ses affluents, des terrasses qui prouvent que les grands cours d'eau diluviens ont coulé dans nos montagnes tout comme dans nos plaines.

La découverte de terrasses fluviales dans des lieux où l'action glaciaire est encore en activité, me paraît capable d'apporter quelques éclaircissements dans la controverse qui s'est élevée entre les géologues au sujet des phénomènes glaciaires et diluviens.

Voici le détail des faits que j'ai observés :

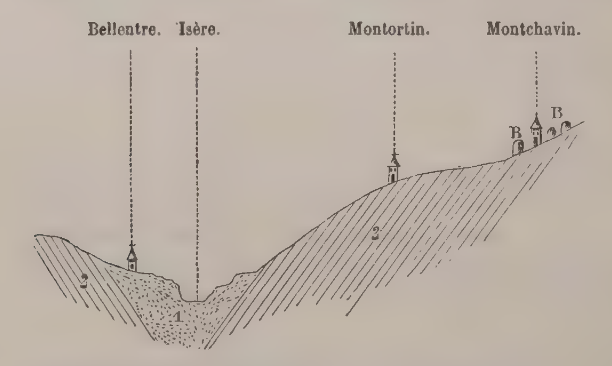
1° Entre Moutiers (480 mètres d'altitude) et Bellentre (782 mètres), on voit, de distance en distance, tout le long de l'Isère, des terrasses qui ne sont pas continues, mais qui se raccordent entre elles et mon-

trent qu'elles appartiennent à une même formation. Elles s'élèvent de 40 à 45 mètres et de 60 à 65 mètres au-dessus de la rivière. La formation dans laquelle elles sont découpées me paraît monter à 90 ou 95 mètres. Ces chiffres ne sont donnés qu'approximativement.

Au-dessus, sur une hauteur verticale de 300 mètres environ, la paroi de la vallée est nette de toute alluvion, au moins dans les endroits les plus apparents.

Au-dessus de cette zone il en règne une autre, composée de terrain glaciaire qui se reconnaît à des amas de blocs erratiques espacés à divers intervalles. Ces blocs, qui sont anguleux et n'appartiennent pas aux formations voisines, ne peuvent provenir que des hautes montagnes où l'Isère prend sa source.

La coupe de Bellentre donne une idée exacte de cet ensemble :



1. Terrain dans lequel sont découpées les terrasses.
2. Terrain houiller constituant le sol de la vallée.
B. Blocs erratiques.

2° Selon les dires d'un savant observateur de ce pays et selon mes vérifications sur la carte de l'État-major sarde (carte au $\frac{1}{50\,000^e}$, ce qui permet des représentations fort exactes du terrain), à l'amont de Bellentre, aussi bien qu'à l'aval, il existe des terrasses tout le long du lit de l'Isère. Elles sont surtout accusées à Séez, Sainte-Foy, Les Brévières, Tignes, Val-de-Tignes et Prarioud, à la source même de l'Isère, sous le glacier.

3° Le principal affluent de la Haute-Isère dans la Tarentaise est le Doron. Près de sa source, à Pralognan, à une altitude de 1438 mètres, au-dessous des grands glaciers de la Vanoise, il coule dans une vallée qui rejoint celle du col de Chavière, au-dessus de Modane.

Les glaciers, qui aujourd'hui s'arrêtent à peu près à 400 ou 500 mètres au-dessus de Pralognan, sont autrefois descendus jusqu'à ce village

et y ont laissé une trace irrécusable de leur présence dans le polissage d'une certaine roche verte serpentineuse qui pointe derrière l'auberge. Toutes les autres traces glaciaires ont disparu; elles ont été emportées au moment de l'invasion des grandes eaux diluviennes.

Les grandes eaux ont débouché sur Pralognan par tous les couloirs qui descendent des hauts sommets, et surtout par la longue vallée de Chavière. Celles qui venaient de ce côté, jointes à celles qui descendaient de la Vanoise, ont été prépondérantes et ont laissé sur ce petit coin de terre des marques irrécusables de leur passage. Ces marques sont le nivellement des prairies autour de Pralognan et les profils des terrasses qui les découpent en deux plateaux étagés l'un au-dessus de l'autre.

4° Ce que je constate à Pralognan est analogue à ce qui se voit dans la vallée des Allues, voisine de celle de Pralognan. Entre le village des Allues et le glacier du Saut, on retrouve les traces d'un grand cours d'eau qui a coulé après la disparition du glacier; mais la vallée et le glacier étant de peu d'étendue, les phénomènes sont très-effacés.

5° Les vallées de la Tarentaise n'ont pas ou presque pas gardé la trace des anciens glaciers, tandis que celle des grands cours d'eau est ordinairement très-apparente.

6° Les grands cours d'eau qui ont laissé leurs traces dans les vallées de la Tarentaise sont, comme dans les plaines du Dauphiné, l'Isère et ses affluents. La preuve en est dans la disposition des lieux, ainsi que dans les différences que l'on remarque entre les profils de la Haute et de la Basse-Isère. Dans une rivière tout change selon qu'on l'étudie près de sa source ou près de son embouchure.

Conclusion. — Puisque c'est l'Isère et ses affluents diluviens qui ont agi ici et laissé les dernières traces existant à la surface du sol; puisque les lieux où nous trouvons ces traces sont ceux qui n'ont été abandonnés par les glaciers qu'au moment où ils étaient réduits aux dimensions que nous voyons aujourd'hui, il faut admettre que les grands cours d'eau étaient en activité quand les grands glaciers n'existaient plus. Il en résulte que ce ne sont pas les grands glaciers qui ont produit les grands cours d'eau. Ayant jusqu'à présent étudié les phénomènes glaciaires et diluviens dans les plaines, plus souvent que dans les montagnes, le mélange des deux alluvions a porté les géologues à croire qu'il y avait eu simultanéité dans le temps, alors qu'il n'y eut que simultanéité dans l'espace. Les grands glaciers et les grands cours d'eau ont pris naissance dans les mêmes lieux, mais les premiers étaient fondus quand les seconds ont commencé à couler.

Séance du 3 mai 1875.

PRÉSIDENCE DE M. JANNETTAZ.

M. Sauvage, secrétaire, donne lecture du procès-verbal de la dernière séance, dont la rédaction est adoptée.

M. **de Rosemont** propose Nice comme lieu de réunion pour l'année 1876 et donne quelques détails sur les excursions que la Société pourrait faire dans les environs de cette ville.

M. Tournouër fait la communication suivante :

Considérations sur les **Échinodermes** *du* **Calcaire à Astéries,**
par M. R. **Tournouër.**

L'importante formation tertiaire du *Calcaire à Astéries* des bassins de la Gironde et de l'Adour, qui appartient à l'étage *tongrien* de d'Orbigny (Oligocène moyen des Allemands) et qui, à divers points de vue, joue dans le bassin tertiaire moyen du Sud-Ouest le même rôle que le *Calcaire grossier* dans le bassin tertiaire éocène de Paris, a pris son nom (1) de la profusion avec laquelle y sont répandus les petits osselets d'Astéries *(Astropecten* ou *Crenaster)* que M. Des Moulins a le premier étudiés et fait connaître sous le nom d'*Asterias lævis* (2).

Avec ces débris caractéristiques de Stellérides, cette belle formation, si riche d'ailleurs en Mollusques, en Polypiers massifs, en Foraminifères, renferme une nombreuse et intéressante faune d'Échinodermes, qui, bien reconnue d'abord par M. Des Moulins, méconnue ensuite par d'Orbigny et plus encore par M. Desor, puis reconstituée par M. Raulin, s'est enrichie dans les dix dernières années d'assez nombreux matériaux. M. Cotteau a publié à deux reprises, dans la *Revue et Magasin de Zoologie,* 1864, et dans les *Actes de la Société Linnéenne de Bordeaux,* 1869, plusieurs espèces intéressantes se rapportant à cette faune, et j'ai moi-même, à la suite du dernier travail de M. Cotteau, fait paraître dans les *Actes* de la même Société (3) un travail critique de *Recensement des Échinodermes du Calcaire à Astéries,* avec trois planches, que j'ai l'honneur de présenter aujourd'hui à la Société géologique et dont je

(1) Collegno, *Essai d'une classification des terrains tertiaires de la Gironde ;* 1843
(2) *Act. Soc. Linn. Bord.*, t. V ; 1832.
(3) T. XXVII ; 1870.

vais lui donner le résumé, en l'accompagnant de quelques considérations.

Ce recensement donnait en 1870 un total de 22 espèces d'Échinodermes pour les deux bassins réunis et parfaitement synchroniques de la Garonne et de l'Adour. Sur ces 22 espèces :

Les *Crinoïdes* sont tout à fait absents;

Les *Stellérides* ne fournissent qu'une espèce, le *Crenaster lævis*, caractéristique de la formation, surtout dans la Gironde, où il est beaucoup plus abondamment répandu que ne l'est le *Crenaster poritoïdes* dans le Calcaire grossier;

Les *Cidarides* fournissent 3 genres et 3 espèces seulement : un *Cidaris*, un *Psammechinus* (*P. Biarritzensis*, Cott.) et un *Cœlopleurus* (*C. Delbosi*, Des.);

Les *Clypéastroïdes* sont la famille la plus intéressante : elle fournit à l'étage tongrien du Sud-Ouest 7 genres et 8 espèces, parmi lesquelles l'*Echinocyamus piriformis*, Ag., la *Scutella striatula*, M. de S., et l'*Echinolampas Blainvillei*, Ag., sont très-abondants et caractéristiques; en outre, une *Amphiope* (*A. Agassizi*, Des M.), première apparition des Scutelles lunulées, deux espèces curieuses du petit genre *Runa* (*R. decemfissa*, Des M., et *R. Comptoni*, Ag.?), un *Nucleolites* (*N. Delfortriei*, Cott.) et un *Echinarachnius?* (*E. porpita*, Des M.) appartenant à un groupe singulier de petites Scutelles à anus supère, pour lequel j'ai proposé le nom de *Scutulum;*

Enfin, la famille des *Spatangoïdes* est bien représentée par 10 espèces, dont : un *Hemiaster* (*H. cor*, Ag.), quatre *Periaster* (*P. Arnaudi*, Tourn., *P. Burdigalensis*, Tourn., *P. Souverbiei*, Cott., et *P. Banoni*, Tourn.), un *Schizaster* (*S. Bellardii*, Ag.?), un *Brissus* (*B. dilatatus*, Des M.), un beau *Macropneustes* (*M. Meneghinii*, Des M.), intéressant par sa diffusion dans d'autres dépôts synchroniques du Midi, et deux *Euspatangus* (*E. Jouanneti*, Cott., très-voisin de l'*E. ornatus* de Biarritz, avec lequel on l'avait confondu, et *E. Tournoueri*, Cott.).

Depuis l'établissement de cette liste de 22 espèces, en 1870, il n'est venu à ma connaissance que 2 ou 3 espèces nouvelles à y ajouter : un *Periaster?* ou *Pericosmus?* de Cenons, près Bordeaux (coll. Benoist), un *Euspatangus* nouveau, recueilli plusieurs fois dans le Calcaire de Bourg (coll. Daleau, etc.), et un petit *Echinocyamus affinis?* de la même localité.

Au point de vue zoologique, cette faune présente plusieurs types intéressants dans ses *Amphiope*, ses *Runa*, ses Scutelles à anus supère; et par ces mêmes *Amphiope*, ses *Echinolampas*, ses *Nucleolites*, etc., elle offre un caractère dominant de faune tropicale, qui est parfaitement en accord avec celui des grands Polypiers massifs auxquels elle est

associée. Le *Brissus dilatatus* est très-voisin du *B. columbaris* des Antilles, et le *Periaster Souverbiei* d'une espèce subfossile de la Mer Rouge. D'un autre côté, l'*Echinolampas Blainvillei* est plus près de l'*E. oviformis* des mers australes que de tout autre; et quant à l'*Echinocyamus piriformis,* il est souvent difficile à distinguer, d'après Agassiz, de l'*E. angulosus* vivant dans nos mers Européennes.

Au point de vue de l'évolution paléontologique et de la comparaison avec les faunes qui ont précédé ou qui ont suivi celle de l'époque tongrienne, les Échinodermes du Calcaire à Astéries ne présentent guère que trois espèces communes avec l'Éocène supérieur : le *Psammechinus Biarritzensis*, le *Cœlopleurus Delbosi*, l'*Echinocyamus piriformis;* et encore ces identités sont-elles un peu douteuses. Il est à noter qu'ils n'offrent rien de commun avec l'Oligocène inférieur de Saint-Estèphe, si riche en *Sismondia*, en *Echinanthus*, etc., qui précède immédiatement le Tongrien dans le Blayais et dans le Médoc. D'un autre côté, ils n'ont également pas une espèce commune, jusqu'à présent, avec la faune des Faluns de Bazas ou de Léognan qui succèdent au Calcaire à Astéries dans le département de la Gironde, ni avec celle du Miocène en général. L'assimilation faite par M. Des Moulins, du *Runa Comptoni* de Terrenègre avec l'espèce pliocène de Sicile, est douteuse pour lui-même.

L'ensemble de la faune présente donc un caractère très-particulier, celui de la faune oligocène en général, qui sert de transition entre l'Éocène et le Miocène, qui se rattache à l'Éocène par ses *Periaster*, ses *Macropneustes*, ses *Euspatangus*, ses *Cœlopleurus* (ses *Cyphosoma* et ses *Echinanthus* en Italie, dans le Vicentin), etc., et qui annonce le Miocène par le développement des Clypéastroïdes, l'abondance des Scutelles perforées ou imperforées, etc.

Dans l'Oligocène même, si l'on compare. sous le rapport des Échinodermes, la faune du Calcaire à Astéries avec les faunes synchroniques de l'étage tongrien, on est d'abord frappé de la richesse relative de la zone tongrienne méridionale, qui contraste avec la pauvreté de la zone septentrionale.

Dans le Tongrien du bassin de Paris, je ne connais encore qu'un seul Échinoderme; c'est la petite Scutelle que j'ai fait connaître sous le nom de *Scutulum Parisiense* (1) et qui provient des marnes à *Ostrea longirostris.*

Dans l'Oligocène moyen de l'Allemagne du Nord, on peut relever l'indication de 4 ou 5 espèces, dont pas une n'est commune avec notre Sud-Ouest.

(1) *Bull. Soc. géol.*, 2e sér., t. XXVI, p. 980; 1869.

Dans le bassin tongrien de Rennes, en Bretagne, je puis citer maintenant, d'après les recherches récentes de notre confrère M. Lebesconte, un bel *Echinocyamus* voisin de l'*E. piriformis,* plus orbiculaire, plus plat en dessous, et un beau *Nucleolites* voisin du *N. Delfortriei.*

La zone méridionale du Tongrien est bien plus riche; cependant le nombre des espèces communes aux divers gisements est encore fort restreint. J'exclus d'ailleurs des termes de comparaison certaines faunes des Alpes Vaudoises ou Françaises qu'on a plus d'une fois rangées dans le Tongrien, mais qui doivent descendre dans l'Oligocène inférieur, si ce n'est dans l'Éocène supérieur. Ainsi, les *Cidaris* et les *Pentacrinus* de Faudon (d'Orbigny), les *Euspatangus, Scutellina* et *Echinocyamus,* d'ailleurs peu déterminables, de La Cordaz et de Perriblanc (M. Renevier), les *Echinolampas, Leiopedina, Cœlopleurus,* etc., des Basses-Alpes (M. Garnier), sont plus anciens que nos Échinodermes du Calcaire à Astéries et ne semblent pas d'ailleurs présenter d'espèces communes avec eux.

Un autre gisement de cette époque, très-riche en Échinodermes, malheureusement très-mal conservés, est celui du Monte-Titano, dans l'Italie centrale, que M. A. Manzoni a récemment étudié (1) et classé dans le groupe de l'Oligocène, entre autres raisons, précisément à cause du caractère transitoire de ces Échinodermes, qui offriraient, selon lui, un partage à peu près égal de types éocènes et de types miocènes. Parmi les 29 espèces du Monte-Titano, d'ailleurs bien douteuses !, on remarque le *Macropneustes Meneghinii,* caractéristique des couches inférieures du Tongrien dans le Vicentin et dans le bassin de l'Adour.

C'est évidemment dans le Vicentin, dans les couches tongriennes inférieures du groupe de Montecchio-Maggiore et de Castel-Gomberto, si analogues sous tant de rapports à notre Tongrien du Sud-Ouest, qu'il faut s'attendre à trouver le plus d'espèces d'Échinodermes communes. Elles ne sont pas cependant très-nombreuses encore; et je trouve d'ailleurs dans le travail spécial de M. Laube sur les Échinides tertiaires du Vicentin, dans sa classification stratigraphique des localités, une certaine confusion qui ne permet pas d'établir encore avec toute certitude le groupe des Échinodermes qui appartiennent incontestablement à cet horizon. Néanmoins, je crois qu'on peut signaler déjà comme servant de lien entre le Tongrien des Alpes Vicentines et celui de la région sous-pyrénéenne, les espèces suivantes : *Macropneustes Meneghinii, Euspatangus Tournoueri, Echinolampas Blainvillei? (minor), Echinocyamus piriformis, Psammechinus Biarritzensis* (Laube), etc.

(1) *Bollettino del R. Comitato geologico,* 1873.

Enfin, il y a encore dans l'Italie du Nord une autre faune riche en Échinides, qui appartient au Miocène inférieur ou au Tongrien ; c'est celle du bassin de la Bormida, en Ligurie, où M. Michelotti a signalé 17 espèces d'Échinodermes, savoir : un Crinoïde *(Pentacrinus Gastaldii)*, un Stelléride, quatre Cidarides, sept Clypéastroïdes (dont une Scutelle et six Clypéastres véritables) et quatre Spatangoïdes. Cette faune, qui a un caractère bien plus miocène qu'éocène, ne nous offre aucune espèce commune avec le Calcaire à Astéries, sauf peut-être le *Schizaster Bellardii*.

Si je considère maintenant les Échinodermes du Calcaire à Astéries dans la région même du Sud-Ouest de la France, et leur répartition entre les deux bassins si rapprochés de la Garonne et de l'Adour, j'observe que sur 22 espèces, il n'y en a pas moins de 19 qui se trouvent dans le Calcaire à Astéries de la Gironde ; 7 seulement se rencontrent dans celui de l'Adour, et 2 ou 3, tout au plus, sont communes aux deux bassins : le *Crenaster lævis*, l'*Echinocyamus piriformis* et peut-être le *Periaster Arnaudi*.

Ce petit nombre d'espèces communes entre les deux bords du même golfe, cette grande localisation spécifique. est un fait qui existait déjà antérieurement, dès l'époque nummulitique et même dès l'époque secondaire, comme l'a remarqué M. Raulin (1), et dont je ne saisis pas la cause. Quant à la pauvreté relative en Échinodermes tongriens du bassin de l'Adour comparé à celui de la Garonne, ce fait tient d'abord, sans doute, à la bien moindre étendue des terrains tongriens dans le premier bassin, où l'on n'en trouve que des lambeaux disséminés et peu importants ; mais il tient aussi à une autre cause, qui nous mènera à des considérations plus générales, celles de la nature différente des dépôts et par conséquent des conditions biologiques nécessaires au développement des animaux de cette classe.

L'étage tongrien du bassin de l'Adour, quoique peu étendu, est très-riche en Mollusques, aussi riche au moins sous ce rapport que le bassin bien plus important de la Garonne. Mais cette richesse est due presque entièrement au contingent des marnes si connues de Gaas, qui sont en très-grande partie des dépôts sublittoraux comme ceux de Jeures et d'Étréchy, et qui correspondent aux couches supérieures du Calcaire à Astéries des environs de Bordeaux. Or ces marnes supérieures de Gaas ne fournissent pas un seul Échinide. C'est dans les calcaires inférieurs de Garanx, dans la partie moyenne de ceux de Lesperon, dans la masse de ceux de Préchac ou des environs de Montfort, qu'il faut chercher les Échinodermes tongriens du bassin de

(1) *Congrès scientif. Bordeaux* ; 1863.

l'Adour, c'est-à-dire dans les couches qui, par leur nature minéralogique et par leur faune, correspondent le mieux à la masse du Calcaire à Astéries de la Gironde et accusent des dépôts effectués sous une certaine profondeur d'eau, probablement celle qui convient au développement des Polypiers massifs dans les mers chaudes.

Assurément, cette observation de fait, qui explique à la fois, pour ce qui nous occupe, la pauvreté du bassin de l'Adour par rapport à celui de la Gironde et la pauvreté de tous les bassins tongriens du Nord par rapport à ceux du Sud de l'Europe, pourrait être généralisée et étendue à bien d'autres terrains que les terrains tertiaires. Pour ne parler que de ceux-ci, je rappellerai que ce n'est guère dans les faluns littoraux ou sublittoraux de Bazas, de Bordeaux ou de Dax, que l'on rencontre des Échinodermes, mais dans les masses sableuses à grands *Pecten*, à *dents de Squales*, à *ossements de Cétacés*, de Léognan, de Martignas, de Mont-de-Marsan, de Narosse, de Clermont, etc.; partout ailleurs, ils sont exceptionnels.

De même en Bretagne et dans l'Anjou, c'est dans les grandes mollasses à *Pecten solarium*, à Bryozoaires et à Brachiopodes, qu'on les trouve abondamment; de même en Languedoc et en Provence, à Cadenet, à Montségur; de même en Corse, à Santa-Manza, à Aléria, etc.

Dans l'Oligocène du Monte-Titano, il en est absolument de même; les 29 espèces d'Échinodermes de cette station, qui a donné lieu à d'intéressantes considérations de la part de M. Manzoni, ne sont associées qu'à une faune d'eau profonde, caractérisée par des dents de Squales, quelques rares et très-grands Gastéropodes, de très-grands Peignes, des Brachiopodes et des Bryozoaires.

Dans le Tongrien de Paris, c'est dans les couches relativement assez profondes à *Ostrea longirostris* qu'on a trouvé quelques Échinides; pas ailleurs jusqu'à présent.

Pour tout l'Éocène du même bassin, même observation. Ce ne sont pas les couches littorales de Cuise-Lamothe, ni les couches à Potamides du Calcaire grossier supérieur, ni celles de Mortefontaine, mais bien les couches vraiment marines du Calcaire grossier d'Issy, de Damery, de Saint-Gobain, de Chaumont, du Vexin surtout, qui fournissent le peu d'Échinodermes qui appartiennent à ce bassin. On n'en a pas trouvé, je crois, dans les dépôts, en général moins profonds, des Sables moyens d'Auvers ou de Beauchamp; pas plus qu'on n'en rencontre de nos jours sur nos côtes, à l'exception d'un ou deux *Echinus* dans la zone vraiment littorale.

Au contraire, à cette même époque, dans le Sud de l'Europe, au pied des Alpes ou des Pyrénées, les Échinodermes pullulaient dans les dépôts nummulitiques de Biarritz, de la Catalogne, des Basses-Alpes,

du Vicentin, dépôts que tout porte à considérer comme ayant été effectués sous des eaux beaucoup plus profondes : la nature minéralogique et la puissance de leurs sédiments, les caractères de leur faune, la rareté relative des Gastéropodes, l'abondance relative des Lamellibranches, des Brachiopodes, des Bryozoaires et des Rhizopodes, les caractères des Polypiers, qui leur donnent la physionomie paléontologique de certains dépôts crétacés supérieurs.

Et, puisque j'ai été amené à parler de Biarritz et de la physionomie si particulière de ces formations nummulitiques du Midi, je terminerai ces considérations en rappelant que c'est à Biarritz particulièrement, et dans le grand ensemble des couches à *Serpula spirulæa* de cette célèbre falaise ou du versant français des Pyrénées, que l'on a trouvé un certain nombre de types d'Échinodermes crétacés ou pseudo-crétacés, appartenant aux genres *Bourgueticrinus*, *Pentacrinus* (non pas à l'état d'articles isolés et roulés, mais de tiges parfaitement conservées et en grande abondance), *Rhabdocidaris*, *Pyrina*, *Echinopsis*, *Salenia*, etc., associés à des Pétrospongiaires comme les *Guettardia*, à une quantité de Bryozoaires et de Rhizopodes de faciès crétacé, à des Brachiopodes et à quelques Mollusques difficiles à distinguer des types de la Craie supérieure, comme : *Terebratula Faujasi?*, *T. tenuistriata*, *Ostrea vesiculosa ?*, *O. lateralis ?*, *O. hippopodium ?* et *O. subhippopodium ?*, etc.

La présence de ces types pseudo-crétacés avait même longtemps servi d'argument aux géologues pour placer la falaise nummulitique de Biarritz à la base des terrains tertiaires; mais maintenant qu'il est prouvé par les observations stratigraphiques faites dans le Vicentin, dans les Basses-Alpes et ailleurs, que les couches synchroniques de cette longue falaise à *Serpula spirulæa* doivent être classées beaucoup plus haut et tout au plus au niveau de l'Éocène moyen et supérieur, il faut chercher une autre explication au fait paléontologique que je rappelle; et cette explication. ne peut-on pas la trouver dans le résultat des derniers draguages opérés dans l'Océan par les naturalistes Anglais et Américains, qui ont démontré la longévité et la persistance de certains types animaux à de certaines profondeurs? Il faut assurément se garder de la tentation de faire de ces curieuses découvertes des applications précipitées et peu judicieuses; la paléontologie cependant doit absolument en tenir compte, et je crois qu'elle peut essayer déjà de faire ces applications dans certains cas, dans une certaine mesure et avec beaucoup de réserve, comme je veux le faire dans ce moment-ci.

Le secrétaire analyse les notes suivantes :

Sur les **Cavités naturelles** *des terrains* **jurassiques,** *en particulier dans l'***Ain,**

par M. **Tardy.**

Dans la séance du 18 janvier 1875, à propos d'une communication de M. Tombeck sur les puits des calcaires jurassiques dans la Haute-Marne, il s'est élevé une discussion très-intéressante sur leur mode de formation. Pour aider un peu à la discussion des théories émises sur ce sujet, je vais chercher à indiquer différents genres de puits, de cavernes, de crevasses, etc., que j'ai pu observer dans les calcaires jurassiques sur divers points de la région du bassin du Rhône.

J'en citerai en particulier quelques exemples pris dans la portion de la chaîne du Jura qu'on nomme, dans le département de l'Ain, le Revermont. Ce petit massif montagneux, dirigé du nord au sud comme toute la chaîne, est formé de deux chaînons parallèles, qui se rejoignent par les deux extrémités, mais dont celui du sud est coupé par une gorge livrant passage au Suran. Le dernier chaînon, situé dans le département de l'Ain, entre la rivière d'Ain et la plaine de la Bresse, a reçu, sauf les altérations du temps, la configuration qu'il nous présente aujourd'hui, vers la fin de l'époque jurassique et avant l'époque crétacée; en effet, le Néocomien, indiqué dans la vallée du Suran par M. Benoit, s'y trouve en bancs horizontaux. Sur un autre point, un lambeau de Néocomien, marqué sur la Carte géologique du département, bute contre une falaise jurassique et en cimente les éboulis. Ce fait était, il y a quelques années, facile à observer dans une tranchée fraîche.

Les formations jurassiques sont composées d'alternances de roches calcaires et marneuses, inégalement attaquables par les eaux courantes et par les agents atmosphériques. On peut, je pense, attribuer à cette inégale altération les vastes abris sous des roches en surplomb, comme ceux qui existent en grand nombre dans certaines parties du Jura, et notamment le long du cours de ses diverses rivières, en particulier sur le Rhône entre Bellegarde et Seyssel. On voit aussi de ces sortes d'abris sous presque toutes les grandes cascades, comme au Parc, près de Seyssel, sous une cascade qui se voit d'un des ponts du chemin de fer et dont un de nos savants confrères a décrit le cône stalagmitique.

Ces sortes d'anfractuosités, qu'on peut facilement observer lorsqu'elles sont à ciel ouvert, se reproduisent aussi à l'intérieur du cours de certaines rivières, par exemple dans le fond du lit du Rhône à Bellegarde, et dans la rivière d'Ain au-dessous du niveau des plus

basses eaux. Elles se forment également à l'intérieur de certaines grottes qui servent de canaux de vidange souterrains pour l'écoulement des eaux des vallées fermées du Jura.

Le Jura renferme en effet un grand nombre de plateaux ou de hautes vallées peu profondes et très-évasées, sans issues apparentes et dont les eaux pluviales ne peuvent s'écouler que par des orifices souterrains. Une fois ces issues trouvées, les eaux les ont agrandies en délayant les couches les plus tendres et en les usant par le frottement des galets dont ces cours d'eau souterrains ne sont pas dépourvus. Il serait facile de citer dans le Jura un grand nombre de ces rivières souterraines qui fournissent à leur orifice de sortie des chutes puissantes et d'un débit assez constant. D'ailleurs une étude de M. Lamairesse, Ingénieur des Ponts-et-Chaussées, contient une énumération assez détaillée de ces bassins fermés et de leurs dégorgeoirs (1). Je n'en citerai que deux : la vallée de Drom et le plateau d'Aromas, parce qu'ils se trouvent dans le Revermont et à proximité du chemin de fer de Bourg à Nantua.

Il existe aussi des bassins fermés dans d'autres régions; telle est la plaine de Saint-Paul-le-Jeune (Ardèche), qui se vide par un canal souterrain percé dans les bancs d'un calcaire qui est peut-être le Néocomien de Berrias.

Ces canaux souterrains, qu'étaient-ils avant de devenir de larges ouvertures capables de livrer passage à des volumes d'eau souvent considérables ?

A l'entrée d'amont de la galerie qui draine la plaine de Saint-Paul-le-Jeune, on voit les bancs du calcaire fendus comme par une faille; mais cet accident n'a donné lieu à aucun rejet : les bancs se suivent parfaitement d'un côté à l'autre de la fente; ce ne serait donc qu'une fissure agrandie par les eaux.

On pourrait citer dans le Jura quelques canaux souterrains ayant la même origine. C'est probablement à un phénomène de ce genre qu'est due la Perte du Rhône; car les bancs, tout en se correspondant d'un côté à l'autre, semblent des deux rives s'incliner légèrement vers le fleuve.

D'autres fois les eaux peuvent avoir suivi une faille aussi bien qu'une simple fissure; mais je n'en connais pas d'exemple. Je dirai même que la rivière d'Ain semble prouver le contraire : elle suit en effet une fissure, tandis qu'une faille presque parallèle se trouve près de là, pinçant, au sommet d'une montagne qui borde la rivière sur sa gauche, un lambeau de terrain crétacé décrit par M. Benoit (2). Je me souviens

(1) *Études hydrologiques sur les Monts-Jura;* 1874.

(2) *Bull. Soc. géol. France*, 2e sér., t. XVI, p. 114; 1858.

d'avoir observé aussi dans les Pyrénées une faille formant un long sillon au sommet d'une montagne, au sud de Mauléon, près du Larrau. Les failles ne seraient donc pas toujours l'origine d'une vallée.

Un autre genre d'accident qui se reproduit souvent dans le Jura peut donner naissance à des canaux souterrains, quelquefois très-vastes dès l'origine; ce sont les plissements et les effondrements. On trouve en effet dans le Jura plusieurs cavernes dues à des plissements. Je n'en citerai qu'un seul exemple, situé sur le tracé du chemin de fer de Bourg à Nantua et qui le coupe dans le tunnel de Racouze, entre les vallées de l'Ain et du Suran.

Ce tunnel est percé dans une montagne formée par un pli en bombement de tout le Jurassique supérieur depuis l'Oolithe. Sans doute, pendant le soulèvement, ou peu après, la masse des assises calcaires supérieures aux marnes de l'Oxfordien s'est rompue à la crête de la montagne et, par suite de cette rupture, a glissé sur les pentes des marnes oxfordiennes. Dans ce glissement, les couches, maintenues butées à la base de la montagne, se sont plissées secondairement sur ses flancs, à deux niveaux différents, en forme de S couché. C'est à ce moment que les assises calcaires se sont séparées les unes des autres et ont donné lieu à des cavernes longitudinales.

Ces cavernes s'étendent probablement assez loin, au nord et au sud, le long des flancs de la montagne; car on peut suivre à la surface ces plissements sur une très-grande longueur. Le pli le plus supérieur, du côté du Suran, est coupé par le chemin de fer, dont le tunnel laisse voir des deux côtés les bancs écartés de quelques mètres vers le milieu de la hauteur, tandis qu'en haut ils semblent se rejoindre. Ce pli paraît être aussi, d'autre part, au moins l'origine de la grande grotte d'Hautecour, située à plus d'un kilomètre au sud du tunnel. Si cette longue galerie ne sert pas aujourd'hui de lit à une rivière, elle a dû en servir autrefois; car elle est bouchée en grande partie par du sable fin micacé, qui a été exploité pour les maçonneries du chemin de fer. Le plissement inférieur se suit aussi sur une assez grande longueur : il traverse le tunnel où on l'a trouvé rempli aussi de sable micacé. Un peu vers le sud, l'un de ces plis est coupé par un ravin dans lequel il a donné lieu à une exploitation de sable pour les besoins du village du Grand-Corent.

Sur l'autre versant, du côté de la rivière d'Ain, il y a un plissement analogue.

Outre ces cavernes produites par plissement et agrandies sans doute autrefois par les eaux, puis obstruées soit par des galets, soit par des sables, soit par des concrétions, soit enfin par des éboulis, il y a encore des puits comme quelques-uns de ceux de la Haute-Marne. On ne peut ici les attribuer à l'existence des pyrites, puisqu'il n'existe pas de

minerai de fer dans le Jura, sauf sur des points très-restreints, comme en face des anciennes vallées de la Tarentaise, à Villebois (Ain).

Parmi ces puits, il en est qui ne sont que des canaux étroits, plus ou moins verticaux, et qui servent d'émissaires aux eaux des bassins fermés. De ce nombre sont ceux qui donnaient naissance aux sources de Rochefort, près de Villereversure, dans la vallée du Suran, lorsque la vallée complétement fermée de Drom était inondée (1). Pour chercher à débarrasser la vallée de ses eaux, on a suivi d'abord, à l'aide de puits, les sources qui inondaient; celles-ci semblent sortir d'un lac souterrain, renfermé peut-être dans une contre-vallée souterraine formée par plissement. Quant aux sources d'émission situées à Rochefort, de l'autre côté de la montagne, leurs eaux circulaient par un conduit étroit et sinueux, que bientôt on a renoncé à poursuivre. Alors, en perçant la montagne par un tunnel de vidange, on a coupé une caverne étroite, qui sert aussi de dégorgeoir à des eaux souterraines et qui me semble être due à un plissement.

Il existe également de larges puits très-profonds et presque verticaux ; tel est celui d'Antonnay, dans la commune d'Hautecour. Ce puits, m'a dit M. Perrodin, ancien curé de cette paroisse, qui l'a exploré le premier, est presque cylindrique et a 60 mètres de profondeur. Il est séparé en deux parties par un bloc qui s'est détaché de la paroi et placé en travers en arc-boutant. Au fond le puits s'élargit un peu et renferme un cône de cailloux constitué par des pierres jetées ou tombées accidentellement. Dans cette exploration, M. Perrodin a vérifié, par les objets et les ossements qu'il a trouvés, la véracité de quelques traditions populaires.

On voit encore la partie supérieure d'un puits naturel au-dessus et au nord du charnier préhistorique de Solutré, près de Mâcon. Ce puits, dont les parois sont cannelées verticalement comme par l'action d'une chute d'eau, est obstrué par un bloc du calcaire à *Ammonites Parkinsoni*, dont le similaire n'existe plus dans la région.

Outre ces divers systèmes de canaux, on voit à travers le calcaire jurassique des perforations semblables à celles que M. Hébert nous montrait autrefois à la partie supérieure de la Craie dans une carrière de Meudon. Seulement ces perforations atteignent souvent dans le Jura plus d'un décimètre de diamètre et semblent très-longues. On en voit aussi au plafond d'un grand nombre de grottes, même peu profondes, par exemple au plafond de la grotte de Baume décrite par M. Benoit (2).

Ces différents systèmes de canaux ouverts dans le calcaire jurassique,

(1) Lamairesse, *op. cit.*
(2) *Bull. Soc. géol. France,* 2e sér., t. XXIII, p. 581; 1866.

sans doute depuis longtemps, ont dans la plupart des cas été agrandis par les eaux atmosphériques, sans le concours d'aucun nouvel agent. Pour s'en convaincre, il suffit d'abord de remarquer qu'il n'existe nulle part dans le Revermont, qui est criblé de cavernes, de dépôts témoignant de l'existence de sources thermales ou de filons; ensuite, il n'y a qu'à parcourir certaines régions telles que les crêtes du Jura et celles du Dévoluy, pour se convaincre de l'action corrosive de la pluie. Les crêtes du Jura nous montrent en effet des lits de calcaires déchiquetés en tout sens, surtout sur les abrupts exposés aux vents pluvieux de l'ouest, ou bien encore des plateaux irrégulièrement découpés par un grand nombre de fosses étroites traversant souvent plusieurs bancs.

Les régions où les calcaires dolomitiques jurassiques se montrent à nu présentent en général des puits séparés entre eux par des saillies en forme d'arêtes tranchantes ou de cônes pointus plus ou moins irréguliers.

Enfin, les calcaires oxfordiens en particulier sont visiblement attaqués par la pluie qui trace à leur surface des cannelures, soit parallèles (1), soit rayonnantes comme sur le sommet des colonnades du bois de Païolive, dans l'Ardèche. En présence de ces colonnades si bizarrement distribuées et des traces évidentes laissées sur leurs chapiteaux par les pluies torrentielles de cette région, on ne peut douter que l'eau atmosphérique suffise, sans autre agent, à détruire, par dissolution sans doute, les calcaires jurassiques. Ces traces cannelées de la pluie s'observent également sur des calcaires oxfordiens dans les Basses-Alpes et sur les causses lozériens.

Sur ces plateaux, on voit aussi, comme dans le Jura, la roche s'user par décomposition lente et se réduire en rognons renfermés dans une terre rouge. Cette altération, qui affecte un grand nombre d'autres roches calcaires, est peut-être due à l'influence de la végétation. Ce mode d'action a dû se reproduire souvent dans la série des terrains.

Ainsi, tout en admettant que les diverses actions indiquées dans la séance du 18 janvier 1875, soient vraies dans les différents cas mentionnés, je crois que bien souvent l'action des eaux atmosphériques peut suffire à expliquer l'agrandissement d'une voie déjà tracée, ainsi que son remplissage postérieur par charriage ou par sédimentation.

Il n'y a **point** *eu de* **mer intérieure** *au* **Sahara**, par M. **Pomel**.

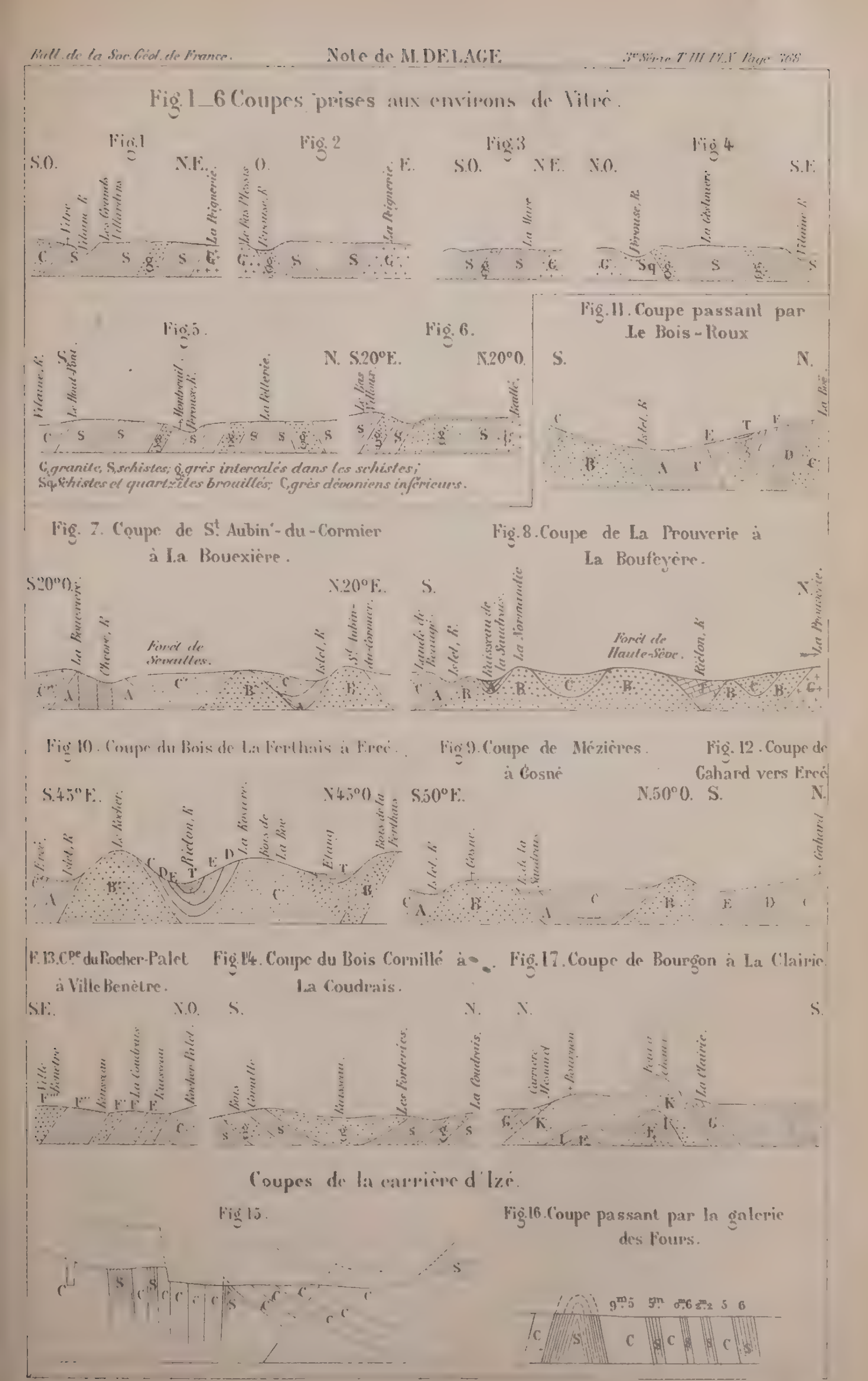
Dans mon livre : *Le Sahara*, publié en 1872, je disais : « Au pied

(1) Dausse, *Bull. Soc. géol. France*, 3e sér., t. III, p. 178; 1875.

méridional de l'Atlas existe une région déprimée au-dessous de la Mer Méditerranée... Elle se divise en quelques bas-fonds salés, qui semblent ne pas communiquer entr'eux et constituer des cuvettes distinctes, dont les fonds sont peut-être à des altitudes différentes. Les reliefs qui les séparent sont assez faibles, mais encore trop peu étudiés pour qu'on puisse savoir sous quelle épaisseur de nappe d'eau ils disparaîtraient pour ne former qu'un seul lac... Si l'on faisait communiquer la Méditerranée avec cette dépression, en ouvrant la barre, de 18 à 20 kilomètres de largeur, qui les sépare du fond du golfe de Gabès, on n'obtiendrait qu'une sorte de Palus-Méotide, bien incapable, en raison de sa faible étendue, d'exercer quelque influence sur l'atmosphère de l'immense région désertique qui l'avoisine, et encore plus de modifier la constitution climatérique du Sahara et de la Berbérie. On peut dire cependant que c'est à cette illusion que l'on doit l'une des hypothèses de la mer saharienne... On ne peut avoir la prétention de nier, par simple hypothèse théorique, l'existence d'une communication ancienne de ces lacs (chotts) avec la mer... Faire déverser un fleuve dans la mer n'est pas cependant une nécessité géographique ; l'existence d'une barrière continue et peut-être même rocheuse, à la place de ce canal, est en elle-même une hypothèse presque aussi plausible, et il n'est point irrationnel de supposer, jusqu'à vérification, que cet ensemble de sebkhas est une ancienne Mer Morte... (p. 10 et s.). »

« Il serait bien important d'établir si réellement il y a des indices d'une communication ancienne entre le bassin des chotts et la mer par un canal aujourd'hui oblitéré... Pour mon compte, je ne serais pas surpris d'y trouver au contraire une barrière rocheuse, tracée par le prolongement de l'axe du terrain crétacé du Djebel Douërat, et dans cette hypothèse nos lacs auraient simplement constitué une petite Mer Morte, se salant de plus en plus et se desséchant à mesure que l'évaporation l'emportait sur l'alimentation, par suite de la sécheresse croissante du climat saharien (p. 79). »

« Il est aussi incontestable que les dépôts quaternaires du Sahara ne se sont pas opérés sous les eaux de la mer, qui n'auraient pas manqué d'y laisser des traces de leur ancienne existence par des débris d'animaux marins ; tandis que, au contraire, on n'y trouve qu'un petit nombre de restes d'animaux d'eau douce ou saumâtre... Jusqu'à plus ample informé, il n'y aura pas lieu d'admettre comme certain que la dépression du Djézid communiquait dans le temps avec la mer... Bien certainement, l'idée des Anciens que ce bassin était pourvu d'un fleuve à double origine, sans exutoire (vers la Méditerranée), prouve que le barrage de Gabès s'interposait à cette époque aux chotts et à la mer (p. 86). »


Fig. 1_6 Coupes prises aux environs de Vitré.
Fig. 1
Fig. 2
Fig. 3
Fig. 4
Fig. 5.
Fig. 6.
G, granite; S, schistes; g, grès intercalés dans les schistes;
Sq, Schistes et quartzites brouillés; C, grès dévoniens inférieurs.
Fig. 11. Coupe passant par Le Bois-Roux
Fig. 7. Coupe de St Aubin-du-Cormier à La Bouexière.
Forêt de Sevailles.
Fig. 8. Coupe de La Prouverie à La Boufeyère.
Forêt de Haute-Sève.
Fig. 10. Coupe du Bois de La Ferthais à Ercé.
Fig. 9. Coupe de Mézières à Cosné
Fig. 12. Coupe de Gahard vers Ercé
F. 13. Cpe du Rocher-Palet à Ville Benêtre.
Fig. 14. Coupe du Bois Cornillé à La Coudrais.
Fig. 17. Coupe de Bourgon à La Clairie.
Coupes de la carrière d'Izé.
Fig. 15.
Fig. 16. Coupe passant par la galerie des Fours.

Note de M.M. de Tribolet.

Bull Soc. géol. de France. 3e Série, t.III, Pl.XV, p.451.

6 5.b 5.a 5

9 9.a

8 8.a 9.b 3

6.a 10.a 10.b 10.c 10.d

7 7.a

2.a 2 2.b 10

4

11 11.a 1 1.a

Arnoul del. et lith. Imp. Becquet à Paris.

COMPOSITION DU BUREAU DE LA SOCIÉTÉ

POUR L'ANNÉE 1875

Président : M. JANNETTAZ.

Vice-Présidents.

M. PELLAT. | M. DUMORTIER. | M. DE LAPPARENT. | M. DAUBRÉE.

Secrétaires.

M. SAUVAGE, pour la France.
M. DELAIRE, pour l'Étranger.

Vice-Secrétaires.

M. VELAIN.
M. BROCCHI.

Trésorier : M. DANGLURE. | *Archiviste :* M. BIOCHE.

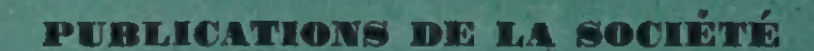
Membres du Conseil.

M. Alb. GAUDRY.	M. de ROYS.	M. CHAPER.
M. LEVALLOIS.	M. GRUNER.	M. TOURNOUËR.
M. Ed. HÉBERT.	M. PARRAN.	M. COTTEAU.
M. TERQUEM.	M. BERSON.	M. TOMBECK.

Commissions.

Bulletin : MM. PELLAT, PARRAN, GERVAIS, GAUDRY, CHAPER.
Mémoires : MM. JANNETTAZ, LEVALLOIS, COTTEAU.
Comptabilité : MM. DE ROYS, MOREAU, BIOCHE.
Archives : MM. TOURNOUËR, GERVAIS, PELLAT.

Table des articles contenus dans les feuilles 27 à 31 (1874-1875).



PUBLICATIONS DE LA SOCIÉTÉ

Bulletin. — Les Membres n'ont droit de recevoir que les volumes des années pour lesquelles ils ont payé leur cotisation. Ils ne peuvent se procurer les autres qu'en les payant. (Art. 58 du règ.)

La 1re *série* est composée de 14 vol. (1830-1843), qui, pris séparément, se vendent :

	Aux Membres.	Au public.
Le t. I, épuisé.		
Le t. II	20 fr.	28 fr.
Le t. III	30	40
Les t. IV, V et VI, épuisés.		
Le t. VII	10	16
Les t. VIII à XI, chacun	5 fr.	8 fr.
Le t. XII	20	28
Le t. XIII	30	40
Le t. XIV	5	8

La 2e *série* (1844-1872) comprend 29 volumes. Son prix est de 400 fr. *pour les Membres*, et de 500 fr. *pour le public*. Pris séparément, les volumes se vendent :

	Aux Membres.	Au public.
Le t. I ne se vend pas séparément		
Les t. II, III et IV, chacun	30 fr.	50 fr.
Les t. V à XVIII, chacun.	10	30
Le t. XIX	30	50
Les t. XX à XXVII, chacun	10 fr.	30 fr.
Le t. XXVIII	5	30
Le t. XXIX	10	30

Table des XX premiers volumes du Bulletin (2e série) { Prix, pour les Membres : 4 fr. — pour le public 7

La 3e *série* est en cours de publication.

	Aux Membres.	Au public.
Le t. I	10 fr.	30
Le t. II	10 fr.	30

Le *Bulletin* s'échange contre des publications scientifiques périodiques.

Mémoires. — 1re *série*, 5 vol. in-4° (1833-1843.) — Le prix de chaque demi-vol. des t. I, II et III (à l'exception de la 1re partie du t. I, qui est épuisée) est de 10 fr. pour les Membres, et de 15 fr. pour le public. — Le prix de chaque demi-volume des t. IV et V est de 12 fr. pour les Membres, de 18 fr. pour le public.

2e *série*, en cours de publication, 9 vol. in-4° (1844-1873). — Le prix de la collection (moins la 1re partie du t. 1er *épuisée)* est de 145 fr. pour les Membres, de 270 fr. pour le public. Les t. I, 2e partie, et II, 1re partie, ne se vendent pas séparément. Le prix des autres demi-volumes des t. II à VI est de 8 fr. pour les Membres, de 15 fr. pour le public. — Les mémoires publiés dans les t. VII, VIII et IX se vendent :

		Aux Membres.	Au public.
T. VII. —	Mémoire n° 1	5 fr.	8 fr.
	Mémoire n° 2	7	13
	Mémoire n° 3	8	15
T. VIII. —	Mémoire n° 1	8	15
	Mémoire n° 2	6	11
	Mémoire n° 3	8	17
T. IX. —	Mémoire n° 1	8 fr.	15 fr.
	Mémoire n° 2	1 50	2 50
	Mémoire n° 3	5	10
	Mémoire n° 4	4	8
	Mémoire n° 5	7	12
T. X. —	Mémoire n° 1	5	10
	Mémoire n° 2	5	10

Histoire des Progrès de la Géologie.

	Aux Membres.	Au public.
Collection, moins le t. 1er qui est épuisé...	60 fr.	80 fr.
Tome I, épuisé.		
— II, { 1re partie / 2e partie } ne se vendent pas séparément.		
Tome III	5 fr.	8 fr.
— IV	5	8
— V	5	8
— VI	5	8
— VII	5	8
— VIII	5	8

Adresser les envois d'argent, les demandes de renseignements et les réclamations à M. le TRÉSORIER, rue des Grands-Augustins, 7.

Meulan, imprimerie de A. Masson.